

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**CENTRO DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO**

**DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS  
EXPERIMENTALES**



**TESIS DOCTORAL**

**Desarrollo de una propuesta didáctica sobre contenidos de ecología en  
2º de ESO a partir de situaciones problemáticas abiertas**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

**David Rosa Novalbos**

DIRECTORA

**M<sup>a</sup> Mercedes Martínez Aznar**

**Madrid, 2016**



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE EDUCACIÓN – CENTRO DE**  
**FORMACIÓN DEL PROFESORADO**  
**Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales**

**DESARROLLO DE**  
**UNA PROPUESTA DIDÁCTICA**  
**SOBRE CONTENIDOS DE**  
**ECOLOGÍA EN 2º DE ESO**  
**A PARTIR DE SITUACIONES**  
**PROBLEMÁTICAS ABIERTAS**

**Memoria presentada por**  
**DAVID ROSA NOVALBOS**  
**para optar al grado de Doctor**

**Dirigida por la Doctora**  
**M<sup>a</sup> MERCEDES MARTÍNEZ AZNAR**  
**Profesora del Departamento de Didáctica de las Ciencias**  
**Experimentales de la Universidad Complutense de Madrid**

**Madrid, 2015**



***"La ciencia se enseña muy mal,  
de forma absolutamente dogmática"***

FELIX ARES

Ingeniero de Telecomunicaciones y  
Exdirector del Museo de la Ciencia de San Sebastián

***“La disponibilidad a cambiar de opinión  
a raíz de la experimentación y la prueba  
tendría que incorporarse al proceso educativo.  
¡Ésta es la magia, la humildad y el potencial  
del método científico!”***

EDUARD PUNSET

Jurista, Economista, Político, Escritor y Divulgador científico





**A Montse  
por la estabilidad emocional que me da  
y por su apoyo para lograr este proyecto.**

**A Francisco y Ana María  
por darme todo,  
incluido los estudios para llegar hasta aquí.**



## AGRADECIMIENTOS

Esta tesis es un proyecto influido por muchas personas, pero la mayoría no lo ha hecho de forma directa sino contribuyendo a mi formación como profesor-investigador. Por eso es muy importante para mí mostrarles mi agradecimiento.

Primero y, sobre todo, a M<sup>a</sup> Mercedes Martínez Aznar porque ha sido un referente constante de lo que es un profesor con mayúsculas, por su rigor científico, su capacidad de trabajo, su motivación incansable y su optimismo natural en nuestra profesión de docentes. Sobre todo por su paciencia y comprensión con mi inquietud docente que ha ido retrasando la finalización de este trabajo. Conocerla fue y sigue siendo un punto de inflexión en mi descubrimiento de este complejo y precioso mundo de la investigación en Didáctica de las Ciencias, por eso me siento especialmente agradecido hacia ella.

Al Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Educación de la Universidad Complutense de Madrid por favorecer la realización de esta Tesis.

A mi compañera Rosario González Moreno profesora del grupo control, al Departamento de Biología y Geología y al Equipo Directivo del IES Gabriel García Márquez del curso 2003-2004 por permitir y favorecer esta investigación. Y, en especial, a los alumnos que participaron en ella.

A Enrique Navarro y a Íñigo Rodríguez por su colaboración en el análisis estadístico y descriptivo de los datos obtenidos en esta investigación.

A todos los alumnos que me han tenido de profesor y que han hecho posible que crezca constantemente en mi carrera profesional favoreciendo mi experiencia docente.

A Rafael Maroto, un profesor excepcional, por ayudarme siempre que lo he necesitado en este trabajo y ser un inspirador en muchos momentos profesionales, como el curso que compartimos de Formación Inicial de Profesores en la Universidad Autónoma de Madrid, o ser el culpable de que comenzara este Doctorado en este departamento de esta facultad, o la constante motivación para investigar, crear y aplicar experiencias didácticas con los alumnos.

Al Departamento de Biología y Geología y al Equipo Directivo del IES Rosa Chacel de Colmenar Viejo de Madrid porque, aunque han retrasado 5 años (2010-2015) la finalización de esta tesis, también han favorecido mi formación en tecnologías digitales para la educación y han abierto un universo de posibilidades didácticas en mi trayectoria profesional. Hay que resaltar que este instituto de Educación Secundaria es un referente dentro de los 15 centros denominados Institutos de Innovación Tecnológica dentro de un proyecto institucional que se desarrolla en la Comunidad de Madrid.

A mi Montsina por su apoyo incondicional y a mis padres por invertir todo su cariño y esfuerzo en la formación de mi personalidad y mi formación académica.

Y, en general, a grandes personas que han pasado por mi vida inyectándome pequeñas dosis de su sabiduría y su buen hacer, despertando mi vocación docente y favoreciendo la formación del profesor de ciencias naturales que soy ahora. Quiero citar a algunos de mis profesores y compañeros, aunque repita alguno, como M<sup>a</sup> Mercedes Martínez Aznar, Paloma Varela, Pedro Sánchez, José Antonio Marinas, M<sup>a</sup> Victoria Rojo, Nicolás Rubio, José Bella, Antonio Pou, Pedro Ruíz, Carlos Montes, Antonio Gil, Alfonso Valverde, Paz Zamorano, Juan Pablo González, Jesús Luna, Rafael Maroto, Begoña Lemonche, Aurora Aparicio y Juan García. Y supongo que me dejaré alguno.

También quiero agradecer a esas otras personas que, con sus reflexiones o preguntas menos motivadoras, me animaban a llevarles la contraria. Comentarios como: *¿Ser Doctor qué mejoras te da en tu trabajo? ¿Todavía sigues estudiando? Pero, si ya eres funcionario...* Les respondía: *“lo que estoy investigando tiene una aplicación práctica en mi trabajo, pero además me gusta, tengo curiosidad y quiero saber más”*.

Sé que mi profesión es una en las que el índice de estrés y depresión es de los más elevados, pero tengo y he tenido compañeros profesores que se van a jubilar o se han jubilado con mucha ilusión por su profesión. Tengo la hipótesis, que voy contrastando poco a poco, de que una de las causas de dicho estrés y depresión es la monotonía y el aburrimiento que en esta profesión puede generar la ausencia de reciclaje, de investigación y de capacidad de cambio en la propia práctica docente. Uno de los experimentos reales para contrastar dicha hipótesis lo estoy realizando conmigo mismo por medio de la presente investigación. Es decir, esta memoria surge de mi inquietud personal por mejorar mi propia práctica docente al descubrir la línea de investigación del equipo que dirige la Dra. María Mercedes Martínez Aznar que me ha dado la oportunidad de ir descubriendo este amplio e interesante campo de conocimientos y posibilidades didácticas que me ayudan en el día a día en mi trabajo. Creo que son conocimientos que todo profesor debería descubrir.

Los años invertidos en esta investigación no han sido fáciles por la dificultad de compaginarla con el trabajo de profesor “interino” tratando de conseguir aprobar las oposiciones, es decir, un trabajo más estable para asegurar la supervivencia. Una vez conseguido dicho objetivo, favorecido en la fase de “concurso” por los puntos que me facilitó el título de “suficiencia investigadora” del Diploma de Estudios Avanzados (DEA), mi situación laboral pasó a ser la de profesor “en expectativa de destino”. En dicha situación continué, pero en la condición de “comisión de servicios” por el Proyecto de Institutos de Innovación Tecnológica del IES Rosa Chacel en el que llevo 6 años. Para mantener dicha “comisión” se debe ser un profesor implicado y activo en dicho proyecto por lo que la carga de trabajo que conlleva es enorme.

El resultado es que esta investigación se ha extendido en el tiempo más de lo esperado y deseado. Todos estos años no solo no han disminuido mi ilusión en dicha investigación sino que la han aumentado y han producido ideas relacionadas con potenciales investigaciones futuras. Mi práctica docente ya se ha visto beneficiada por la elaboración de la presente memoria, muestra de lo investigado y aprendido en estos años, por lo que creo que también se pueden beneficiar otros profesores en su práctica docente. Espero que las aportaciones de esta memoria sean de utilidad para el campo de conocimientos de la Didáctica de las Ciencias.

# ÍNDICE

<b>¿Cómo presentar esta tesis doctoral? .....</b>	<b>17</b>
---	-----------

<b>CAPÍTULO 1. ¿En qué marco teórico se centra este estudio? .....</b>	<b>23</b>
--	-----------

1.1. La educación basada en resolución de problemas y la competencia científica.....	25
1.2. La indagación como cambio metodológico en la enseñanza .....	29
1.3. La enseñanza basada en la resolución de problemas como método indagativo.....	31
1.3.1. Origen y desarrollo histórico de la enseñanza basada en problemas .....	31
1.3.2. Problemas. Diferentes clasificaciones e importancia de su diseño para la resolución de problemas .....	32
1.3.3. Definiciones y descripciones de la educación basada en problemas .....	38
1.3.4. Características de la educación basada en problemas .....	39
1.4. El aprendizaje basado en problemas .....	40
1.4.1. La resolución de problemas desde la perspectiva constructivista.....	41
1.4.2. El cambio conceptual .....	43
1.4.3. El aprendizaje en grupos cooperativos de alumnos .....	46
1.5. Metodologías de enseñanza basadas en la resolución de problemas .....	48
1.5.1. Metodología de resolución de problemas por investigación (MRPI) .....	51
1.5.2. Resultados de investigaciones sobre metodologías basadas en la resolución de problemas .....	54

<b>CAPÍTULO 2. ¿Cómo se ha diseñado esta investigación?.....</b>	<b>59</b>
--	-----------

2.1. Finalidad de la investigación.....	61
2.2. Aspectos generales de la investigación .....	62
2.3. Muestras de la investigación .....	63
2.4. Interrogantes que sugiere la investigación .....	63
2.4.1. Primer interrogante e hipótesis previa de la investigación (H <sub>0</sub> ).....	64
2.4.2. Interrogantes relacionados con la intervención en el aula .....	64
2.5. Secuenciación de la investigación.....	67
2.5.1. Fase Preliminar.....	68
2.5.2. Fase Experimental.....	70
2.5.3. Fase Final .....	72
2.6. Coordinación con el GCON .....	73
2.7. Pruebas para la recogida y análisis de los datos.....	74
2.7.1. Pruebas y análisis de datos para dar respuesta a los interrogantes e hipótesis relacionadas con procedimientos de resolución de situaciones problemáticas de ecología .....	75
2.7.1.1. Situaciones problemáticas y análisis de datos para responder al segundo interrogante sobre el aprendizaje de los procedimientos de la MRPI .....	75
2.7.1.2. Problema seleccionado para dar respuesta al tercer interrogante y su hipótesis sobre la comparación de la forma de resolver problemas entre GEXP y GCON .....	78

2.7.2. Pruebas y análisis de datos para dar respuesta a los interrogantes e hipótesis sobre el aprendizaje de conceptos de ecología y su persistencia en el tiempo.....	80
2.7.3. Prueba diseñada y análisis de datos para dar respuesta a los interrogantes e hipótesis relacionada con las actitudes frente a la MRPI.....	88
2.8. Momentos para la recogida de la información del trabajo en el aula con los instrumentos diseñados para la investigación.....	90
2.9. Técnicas de análisis de resultados.....	90

### **CAPÍTULO 3. ¿Cómo se ha diseñado la Unidad Didáctica de ecología y cómo se ha desarrollado en el aula? ..... 93**

3.1. Elección de la Unidad Didáctica y su justificación curricular .....	95
3.1.1. Selección del currículo en el momento de la investigación .....	97
3.1.2. De un currículo basado en contenidos a otro basado en competencias.....	99
3.2. Diseño y elaboración de la Unidad Didáctica “Materia y Energía en los Ecosistemas” .....	103
3.2.1. Elementos a tener en cuenta en el diseño de la Unidad Didáctica de ecología enmarcada dentro de una Programación Didáctica escolar .....	106
3.2.2. Visión del mundo y concepciones alternativas en ecología.....	108
3.2.3. Contenidos de la Unidad Didáctica.....	113
3.2.4. Planteamiento de las situaciones problemáticas y su secuencia en la Unidad Didáctica.....	120
3.3. Desarrollo de la Unidad Didáctica en el aula.....	123
3.3.1. Toma de contacto con la MRPI y pautas de resolución de situaciones problemáticas .....	123
3.3.2. El trabajo individual y en grupo en el aula .....	129
3.3.3. Secuencia del desarrollo de actuaciones en el GEXP.....	132
3.4. Coordinación con el profesorado del GCON .....	135

### **CAPÍTULO 4. ¿Qué resultados se han obtenido y cómo han sido analizados? ..... 139**

4.1. Primer interrogante sobre la homogeneidad de los GEXP y GCON sobre conocimientos iniciales de ecología .....	143
4.2. Segundo interrogante sobre el aprendizaje de los procedimientos de la competencia científica por medio de la MRPI en el GEXP .....	150
4.3. Tercer interrogante sobre la resolución de problemas habituales en ecología en los GEXP y GCON .....	159
4.4. Cuarto interrogante sobre el cambio conceptual de los GEXP y GCON.....	163
4.4.1. Contrastación de la subhipótesis 2.1 sobre el cambio conceptual del GEXP en conceptos de ecología.....	164
4.4.2. Contrastación de la subhipótesis 2.2 sobre la comparación del cambio conceptual en ecología de los GEXP y GCON .....	167
4.4.3. Contrastación de la subhipótesis 2.3 sobre la persistencia en el tiempo del cambio conceptual de los GEXP y GCON sobre ecología .....	171
4.5. Interrogante quinto sobre la actitud frente a la MRPI del GEXP.....	177

4.6. Interrogante sexto sobre el posible condicionamiento de la actitud del GEXP frente a la MRPI originada por sus logros de aprendizaje.....	201
<b>CAPÍTULO 5. ¿Qué conclusiones se han extraído y qué implicaciones didácticas sugieren? .....</b>	<b>203</b>
5.1. Conclusiones .....	205
5.2. Contribución de esta investigación a la Didáctica de las Ciencias Experimentales.....	210
5.3. Implicaciones didácticas y propuestas de mejora .....	210
5.4. Reflexiones finales .....	216
5.5. Perspectivas de futuro .....	217
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>219</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>247</b>
ANEXO I: Concepciones alternativas implicadas en la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas” .....	249
ANEXO II: Material complementario para la resolución de las Situaciones Problemáticas de Entrenamiento y de la Unidad Didáctica "Materia y Energía en los Ecosistemas" .....	265
ANEXO III: Desarrollo de las Situaciones Problemáticas de la Unidad Didáctica "Materia y Energía en los Ecosistemas" .....	279
- SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 0 .....	284
- SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 1 .....	297
- SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 2 .....	306
- SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 3 .....	316
- SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 4 .....	334
ANEXO IV: Ejemplo de resolución de cada situación problemática realizadas por los alumnos .....	345
ANEXO V: Tablas de datos .....	413
ANEXO VI: Propuesta de documentos definitivos para su empleo en el aula y para futuras investigaciones .....	421
<b>RESUMEN DE LA TESIS (Castellano).....</b>	<b>429</b>
<b>RESUMEN DE LA TESIS (Inglés) .....</b>	<b>439</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>ILUSTRACIÓN 1. Aspectos esenciales a trabajar en la investigación. ....</i>	<i>67</i>
<i>ILUSTRACIÓN 2. Secuencia de la Fase Experimental de la investigación. ....</i>	<i>70</i>
<i>ILUSTRACIÓN 3. Enunciados de las situaciones problemáticas de la UD de ecología analizadas para dar respuesta al interrogante sobre el aprendizaje de la MRPI. ....</i>	<i>75</i>
<i>ILUSTRACIÓN 4. Criterios de evaluación de cada dimensión competencial para la evaluación de las situaciones problemáticas. ....</i>	<i>77</i>
<i>ILUSTRACIÓN 5. Problema habitual en ecología utilizado para comparar la resolución de problemas. ....</i>	<i>79</i>
<i>ILUSTRACIÓN 6. Prueba Inicial (P.I.) sobre contenidos conceptuales de ecología. ....</i>	<i>81</i>
<i>ILUSTRACIÓN 7. Prueba Final 1 (P.F.1) de conceptos y procedimientos de ecología. ....</i>	<i>83</i>
<i>ILUSTRACIÓN 8. Prueba Final 2 (P.F.2) de conceptos y procedimientos de ecología. ....</i>	<i>86</i>
<i>ILUSTRACIÓN 9. Cuestionario de valoración actitudinal sobre la MRPI. ....</i>	<i>89</i>
<i>ILUSTRACIÓN 10. Esquema para la elaboración de una Programación Didáctica y de sus UD. ....</i>	<i>107</i>
<i>ILUSTRACIÓN 11. Hipótesis de la visión del mundo de los alumnos. ....</i>	<i>110</i>
<i>ILUSTRACIÓN 12. Contenidos de la UD "Materia y Energía en los Ecosistemas" establecidos como enseñanzas mínimas para 2º de ESO (Real Decreto 3473/2000, de 29 de diciembre). ....</i>	<i>113</i>
<i>ILUSTRACIÓN 13. Contenidos de la UD "Materia y Energía en los Ecosistemas" establecidos como enseñanzas mínimas para 2º de ESO (Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre). ....</i>	<i>114</i>
<i>ILUSTRACIÓN 14. Mapa conceptual de ecología para la ESO. ....</i>	<i>115</i>
<i>ILUSTRACIÓN 15. Plantilla de resolución de situaciones problemáticas. ....</i>	<i>125</i>
<i>ILUSTRACIÓN 16. Normas para el trabajo en grupos, la resolución de las situaciones problemáticas y la elaboración de informes. ....</i>	<i>127</i>

<i>ILUSTRACIÓN 17. Indicador de logro 1 (IL1) relacionado con el progreso en el aprendizaje de los procedimientos de cada DC a lo largo de la secuencia de situaciones problemáticas de la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas”.</i>	152
<i>ILUSTRACIÓN 18. Indicador de logro 2 (IL2) relacionado con el nivel medio alcanzado en el aprendizaje de los procedimientos de cada DC a lo largo de la secuencia de situaciones problemáticas de la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas”.</i>	153
<i>ILUSTRACIÓN 19. Problema habitual de ecología de la P.F.1</i>	160
<i>ILUSTRACIÓN 20. Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 1 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.</i>	180
<i>ILUSTRACIÓN 21. Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 2 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.</i>	182
<i>ILUSTRACIÓN 22. Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 3 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.</i>	184
<i>ILUSTRACIÓN 23. Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 4 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.</i>	186
<i>ILUSTRACIÓN 24. Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 5 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.</i>	187
<i>ILUSTRACIÓN 25. Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 7 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.</i>	189
<i>ILUSTRACIÓN 26. Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 11 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.</i>	190
<i>ILUSTRACIÓN 27. Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 6 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.</i>	192
<i>ILUSTRACIÓN 28. Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 10 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.</i>	193
<i>ILUSTRACIÓN 29. Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 12 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.</i>	195
<i>ILUSTRACIÓN 30. Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 8 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.</i>	196
<i>ILUSTRACIÓN 31. Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 9 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.</i>	198

<i>ILUSTRACIÓN 32. Nueva propuesta de secuencia de las situaciones problemáticas.....</i>	<i>215</i>
<i>ILUSTRACIÓN 33. Ficha de apoyo con las fases de la MRPI para la resolución de la primera situación problemática de entrenamiento. ....</i>	<i>268</i>
<i>ILUSTRACIÓN 34. Cuadros sobre alimentación-nutrición, organismos autótrofos y heterótrofos y semejanzas y diferencias entre especie y población. ...</i>	<i>269</i>
<i>ILUSTRACIÓN 35. Ficha de apoyo al alumnado con los apartados importantes que interesa investigar y conocer sobre el Águila Imperial Ibérica. ....</i>	<i>271</i>
<i>ILUSTRACIÓN 36. Ficha de apoyo al profesorado con información importante a conocer sobre el Águila Imperial Ibérica. ....</i>	<i>272</i>
<i>ILUSTRACIÓN 37. Recorrido de la materia y la energía a través de los ecosistemas. ....</i>	<i>275</i>
<i>ILUSTRACIÓN 38. Información sobre los conceptos de biomasa y producción. ....</i>	<i>276</i>
<i>ILUSTRACIÓN 39. Carátula del vídeo de complemento. ....</i>	<i>277</i>
<i>ILUSTRACIÓN 40. Nueva propuesta de plantilla para la resolución de situaciones problemáticas.....</i>	<i>423</i>
<i>ILUSTRACIÓN 41. Nueva propuesta de prueba inicial (P.I.). ....</i>	<i>424</i>
<i>ILUSTRACIÓN 42. Nueva propuesta de prueba final 2 (P.F.2). ....</i>	<i>425</i>
<i>ILUSTRACIÓN 43. Propuesta de entrevista individual sobre aspectos de la MRPI. ....</i>	<i>427</i>
<i>ILUSTRACIÓN 44. Propuesta de rúbrica escolar para la evaluación de situaciones problemáticas.....</i>	<i>428</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>TABLA 1. Relación entre métodos de enseñanza inductivos y sus características. ....</i>	<i>30</i>
<i>TABLA 2. Etapas de la investigación. ....</i>	<i>68</i>
<i>TABLA 3. Pruebas aplicadas durante la Fase Experimental al GEXP y GCON. ....</i>	<i>72</i>
<i>TABLA 4. Momento de aplicación de las diferentes pruebas durante la Fase Experimental al GEXP y GCON. ....</i>	<i>90</i>
<i>TABLA 5. Relación entre interrogantes, hipótesis, comprobación a realizar, instrumentos empleados, grupos afectados y análisis realizados. ....</i>	<i>92</i>
<i>TABLA 6. Situaciones problemáticas de la UD "Materia y Energía en los Ecosistemas". ....</i>	<i>121</i>
<i>TABLA 7. Calendario de aplicación de la MRPI con el GEXP para la UD: "Materia y Energía en los Ecosistemas". ....</i>	<i>133</i>
<i>TABLA 8. Calendario del GCON para la UD: "Materia y Energía en los Ecosistemas". ....</i>	<i>136</i>
<i>TABLA 9. Relación entre los interrogantes planteados, las hipótesis, sus objetivos, los aspectos que se quieren estudiar, los grupos afectados, los instrumentos empleados, su momento de aplicación y los análisis realizados. ....</i>	<i>142</i>
<i>TABLA 10. Resultados sobre homogeneidad obtenidos en la P.I. ....</i>	<i>144</i>
<i>TABLA 11. Indicadores de Logro 1 (IL1) y 2 (IL2), con su desviación típica (<math>\sigma</math>), para los grupos cooperativos. ....</i>	<i>151</i>
<i>TABLA 12. Resultados comparativos de la resolución de un problema habitual en ecología entre el GEXP y el GCON. ....</i>	<i>161</i>
<i>TABLA 13. Resultados del cambio conceptual del GEXP en el concepto de ecosistema. ....</i>	<i>165</i>
<i>TABLA 14. Resultados del cambio conceptual del GEXP en el concepto y comprensión de las cadenas tróficas. ....</i>	<i>166</i>
<i>TABLA 15. Resultados comparativos del cambio conceptual de los GEXP y GCON en contenidos de ecología. ....</i>	<i>168</i>
<i>TABLA 16. Resultados comparativos de la persistencia en el tiempo del cambio conceptual de los GEXP y GCON en contenidos de ecología entre las P.F.1 y P.F.2. ....</i>	<i>178</i>

<i>TABLA 17. Resultados de frecuencias de las valoraciones de los alumnos en el cuestionario de satisfacción sobre la MRPI. ....</i>	<i>178</i>
<i>TABLA 18. Resultados globales para cada organizador del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI. ....</i>	<i>179</i>
<i>TABLA 19. Resultados del organizador “Características de la MRPI” .....</i>	<i>179</i>
<i>TABLA 20. Resultados del organizador “Metodología de trabajo” .....</i>	<i>188</i>
<i>TABLA 21. Resultados del organizador “Autoconfianza del alumno” .....</i>	<i>192</i>
<i>TABLA 22. Resultados del organizador “Transposición de conocimientos”. ....</i>	<i>196</i>
<i>TABLA 23. Resultados de la relación entre el nivel de satisfacción con la MRPI y los resultados obtenidos por los alumnos en la P.F.1.. ....</i>	<i>202</i>
<i>TABLA 24. Concepciones alternativas e ideas científicas relacionadas con la ecología, junto con algunas recomendaciones para su enseñanza. ....</i>	<i>251</i>
<i>TABLA 25. Datos obtenidos por los alumnos del GEXP en P.I., P.F.1 y P.F.2. ....</i>	<i>415</i>
<i>TABLA 26. Datos obtenidos por los alumnos del GCON en P.I., P.F.1 y P.F.2. ....</i>	<i>416</i>
<i>TABLA 27. Valoraciones de los alumnos en el cuestionario MRPI sobre las actitudes hacia el aprendizaje de esta metodología y de las ciencias en general... 417</i>	<i>417</i>
<i>TABLA 28. Valores obtenidos por los grupos cooperativos en las diferentes DC y situaciones problemáticas de la UD de ecología. ....</i>	<i>418</i>
<i>TABLA 29. Resultados de los índices de logro (IL1 – IL2 y su desviación típica) según el número de grupos cooperativos que obtiene cada nivel de resolución de las diferentes DC en las situaciones problemáticas de la UD de ecología. ....</i>	<i>419</i>

**¿Cómo presentar esta tesis  
doctoral?**



La presente memoria de trabajo surge del interés creciente que el profesor-investigador, Licenciado en Biología y profesor de Biología y Geología de Educación Secundaria (ESO), ha ido adquiriendo a lo largo de su experiencia y formación docente por mejorar constantemente su labor educativa, así como por su condición de profesor inquieto por investigar y descubrir las mejores formas de intervenir en el aula para tratar de obtener el máximo aprovechamiento de su trabajo y los mejores resultados posibles para los alumnos. Para esta tarea conviene ser un profesor consciente de que se puede aprender de los errores y aciertos de muchos otros educadores-investigadores anteriores y contemporáneos.

Esta fue la razón para iniciar el doctorado en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Educación de la U.C.M., pero la sorpresa fue mayúscula cuando se encontró con este enorme campo de conocimiento, con sus múltiples líneas de investigación, la tremenda cantidad de bibliografía disponible y el curioso entramado filosófico-epistemológico-psicológico-didáctico que envolvía a todo el hecho educativo, con todos los agentes en él involucrados, y del que no era consciente ni había tenido noticias hasta el momento.

Toda esta información e investigación le ha hecho ir tomando posición, desde su modesta visión crítica, en el marco teórico constructivista al satisfacerle más su forma de entender la educación y la enseñanza-aprendizaje de contenidos. Pero sus objetivos primordiales como profesor son principalmente prácticos, aunque lo teórico condicione mucho, de ahí que aquellas líneas de investigación que le aportaban recursos o la posibilidad de pensar y crear recursos le llamaran más la atención.

Finalmente captaron enormemente su interés los planteamientos que para la enseñanza-aprendizaje le aportaban las metodologías de resolución de problemas en el aula, en concreto la Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI) con una sólida base epistemológica y útil para ir introduciéndola en su labor educativa. Sus potencialidades propuestas para construir conocimientos conceptuales por medio de la resolución de problemas abiertos en grupos cooperativos, que a su vez aborda conocimientos de procedimientos y de actitudes, le podía resultar una metodología muy útil para desarrollar el proceso de enseñanza aprendizaje desde una óptica más atractiva y motivadora para los alumnos.

La presente investigación sigue la línea de trabajo del equipo de investigación del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad Complutense de Madrid dirigido por la Dra. María Mercedes Martínez Aznar, cuya labor investigadora cuenta ya con más de veinte años de experiencia en el área. La finalidad de esta línea de investigación es el diseño y elaboración de unidades didácticas (UD) para los currículos escolares basadas en situaciones problemáticas que se resuelven con la MRPI con la intención de favorecer el cambio conceptual de las concepciones alternativas de los alumnos y la construcción de nuevos conocimientos científicos. Se trata, por tanto, de un estudio enmarcado en el campo de la Didáctica de las Ciencias para favorecer la educación científica en las aulas.

Conociendo los antecedentes del equipo en los campos escolares de la Física, Química, Genética, etc. se planteó el interés de aplicar la metodología diseñando y



elaborando materiales didácticos para un campo tan actual e importante como la ecología. Esta investigación permitiría establecer relaciones con las investigaciones previas para verificar su coherencia y así conformar un cuerpo teórico útil dentro de la investigación educativa para crear recursos y favorecer la labor del profesorado en las aulas. La posición de profesor que investiga en el aula sobre la MRPI permite enmarcar este trabajo en el paradigma de investigación-acción con la intención de ayudar a solucionar problemas educativos diarios en contextos de aula reales.

La educación científica en los centros escolares es un hecho que se considera necesario en la sociedad actual. Dicha educación científica es una labor que pretende lograr que los alumnos construyan aquellas actitudes, procedimientos y conceptos científicos que no alcanzarían en su vida cotidiana y que les resultarán imprescindibles en muchos contextos y situaciones. De hecho los últimos informes de la prueba PISA (2012) no dejan bien situado en motivación, conocimientos y metodologías al sistema educativo español.

Pero esta labor es larga y difícil, ya que tiene que conseguir cambios profundos en las estructuras conceptuales y en las estrategias habituales de los alumnos (planteamiento de problemas, resolución de problemas, elaboración de hipótesis, trabajo en grupo, diseño de experimentos o estrategias de investigación, elaboración de informes, comunicación y defensa de ideas, respeto por las ideas de los demás, etc.). Esto plantea serias dificultades que sólo pueden ser abordadas, aunque no siempre con éxito, mediante una enseñanza eficaz (Pozo & Gómez Crespo, 1998).

Además de las dificultades señaladas, la generalización de la enseñanza plantea otros problemas relacionados con la diversidad del alumnado (capacidades, motivaciones, etc.), que deben ser afrontados con la ayuda del profesorado, que es el intermediario entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento científico que se pretende que construyan. Para ello el profesor debe adaptar los conocimientos científicos al aula para que sean adecuados a las capacidades de los estudiantes, esta adaptación de los conocimientos es la “transposición didáctica” (Chevallard, 1985). Esta es la principal labor del profesorado, que depende del conocimiento que posea sobre su materia, de los supuestos filosóficos y epistemológicos que tenga sobre la ciencia y todo el hecho educativo, así como de los recursos y estrategias metodológicas que emplee.

Los métodos de indagación se están posicionando como metodologías más efectivas para la motivación de los estudiantes, el logro de aprendizajes significativos y de actitudes más positivas hacia la ciencia (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walwerg-Heriksson & Hemmo, 2007). Entre estos métodos se encuentran el aprendizaje basado en la resolución de problemas, dentro de los que se encuentra la MRPI abordada en esta investigación por el equipo de la Dra. María Mercedes Martínez Aznar.

Esta investigación tiene como uno de sus objetivos el tratar de demostrar que la utilización de una metodología indagativa de resolución de problemas por investigación (MRPI) favorece que los estudiantes construyan mejores aprendizajes conceptuales y procedimentales, estables en el tiempo, de forma estadísticamente significativa que los alcanzados por alumnos que siguen una metodología de aula más tradicional.

Para ello se aporta una propuesta de situaciones problemáticas secuenciadas para abordar la Unidad Didáctica "Materia y Energía en los Ecosistemas" de 2º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) para ser resueltas mediante la MRPI con la intención de favorecer la construcción de conocimientos científicos nuevos, sobre una base más sólida y científicamente más aceptada en la actualidad, y potenciar el cambio conceptual de las concepciones alternativas que suele tener este alumnado relacionadas con los conocimientos de ecología del área de Ciencias de la Naturaleza.

Las situaciones problemáticas propuestas y los materiales para su resolución se han diseñado con el objetivo de ser materiales didácticos motivadores hacia el aprendizaje de los conocimientos sobre ecología y se han secuenciado con el objetivo de cumplir una progresión creciente en su dificultad.

El alumnado deberá construir los conocimientos por sí mismo trabajando en grupos cooperativos, para resolver los desafíos o retos planteados, mientras el profesor tiene un rol de guía y facilitador de todo el proceso de aprendizaje.

La investigación se ha realizado en grupos intactos, tanto el GEXP como el GCON, de un instituto público de enseñanza secundaria y los resultados y conclusiones se han obtenido a partir del análisis de las producciones de los alumnos y de la experiencia realizada por el profesor-investigador durante la aplicación de la UD y todo el proceso de investigación anterior, durante y posterior a la aplicación didáctica.

Todo este proceso de investigación se divide en cinco capítulos:

- Capítulo 1 – Marco teórico de la investigación. Se incluye una revisión de la mala situación de la educación científica en España respecto al resto de países y un análisis de los métodos indagativos propuestos para darle solución. Dentro de los métodos indagativos se elige como marco teórico aquellos métodos basados en la resolución de problemas, de los que se hace un repaso histórico. Se estudia lo que es un problema y sus principales tipos, para luego analizar las características de la educación basada en problemas desde la perspectiva constructivista, mediante el cambio conceptual y el trabajo en grupos cooperativos. Se distinguen claramente todos los aspectos relacionados con el aprendizaje de los alumnos de las características de su enseñanza por los profesores mediante la resolución de problemas. Se expone la metodología basada en problemas empleada en esta investigación, Metodología de Resolución de Problemas por Investigación (MRPI). Y, finalmente, se hace un repaso del conjunto de investigaciones realizadas hasta la fecha sobre la implementación en las aulas de estas metodologías.
- Capítulo 2 – Diseño de la investigación. Se describen la finalidad de la investigación, sus aspectos generales y las muestras de los grupos experimental y control. Se enuncian los interrogantes que surgen al inicio de este estudio y las hipótesis que se derivan de ellos. También se describe toda la secuencia y metodología que sigue la investigación, los cuestionarios y materiales que servirán para comprobar las hipótesis propuestas y dar respuestas a los

interrogantes y, por último, se comentan los métodos de análisis que se van a utilizar para la contrastación de las hipótesis.

- Capítulo 3 – Diseño de la UD de ecología “Materia y Energía en los Ecosistemas” y su desarrollo en el aula. Se desarrolla la investigación explicando la importancia de esta UD dentro de la programación didáctica de una asignatura de ciencias de la naturaleza. Se describe su diseño, su justificación curricular y se analizan las concepciones alternativas que suelen aparecer relacionadas con los conocimientos de ecología. Se detalla el trabajo en el aula en grupos cooperativos, desde el entrenamiento en la MRPI hasta la implementación de la secuencia de situaciones problemáticas que componen la UD. Y, para terminar, se explica la importancia de la coordinación del profesor investigador con la profesora del grupo de control.
- Capítulo 4 – Análisis de resultados. Se aportan los resultados obtenidos en la investigación a través del análisis cualitativo y cuantitativo de las pruebas de los alumnos. Se contrastan las hipótesis y se da respuesta a los interrogantes que surgieron al inicio de la investigación.
- Capítulo 5 – Conclusiones e implicaciones didácticas. En base a los resultados se extraen las conclusiones de la investigación y se realizan aportaciones al campo de conocimientos de la Didáctica de las Ciencias Experimentales en la línea de investigación de la MRPI como metodología indagativa de resolución de problemas. Además, se recogen también implicaciones didácticas para el profesorado y posibles investigaciones futuras derivadas de este estudio.

Posteriormente se incluyen la bibliografía y seis anexos: una revisión de la literatura con la recopilación de las concepciones alternativas sobre los contenidos relacionados con la ecología que se deben tener en cuenta para la elaboración y diseño de la propuesta didáctica de la investigación; los materiales seleccionados y utilizados para la resolución de cada situación problemática de entrenamiento y de la UD de ecología; la resolución teórica de cada una de las situaciones problemáticas planteadas; un ejemplo de resolución de cada situación problemática realizadas por los alumnos del GEXP; las tablas de datos obtenidos en las diferentes pruebas de diagnóstico; y algunos documentos reelaborados y propuestos para su aplicación didáctica futura.

Para comenzar la memoria falta aclarar que los cambios legislativos en educación que se han ido sucediendo durante esta investigación han provocado modificaciones en la terminología. Los “conceptos, procedimientos y actitudes” de la LOGSE (Ley Orgánica General del Sistema Educativo, 1990) del momento en el que se diseñó y desarrolló inicialmente el trabajo se convierten en los “contenidos, capacidades y actitudes” de los currículos basados en competencias de la LOE (Ley Orgánica de Educación, 2006) y la LOMCE (Ley Orgánica de Mejora de la Calidad Educativa, 2013), como se justificará en el capítulo 3. Según esto, esta investigación contribuirá a demostrar las virtudes y potencialidades de los métodos indagativos como la MRPI para producir los aprendizajes significativos que se buscan, ya que no se verán alterados por modificaciones legislativas y podrán ser aplicados en múltiples contextos educativos.

# **CAPÍTULO 1**

**¿En qué marco teórico se centra  
este estudio?**



Este capítulo muestra un conjunto de referentes que engloban el marco teórico de la presente investigación.

Inicialmente se expone la importancia de la educación científica basada en la resolución de problemas y se realiza un análisis de la situación actual de la competencia científica en las aulas para, a continuación, hacer un llamamiento al empleo de métodos indagativos como cambio metodológico necesario que aporte soluciones a la mejora de la calidad de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Seguidamente se hace un recorrido histórico por el enfoque centrado en problemas como metodología indagativa para luego identificar lo que es un problema, sus principales tipos y clasificaciones y analizar las características de la educación basada en problemas, para la que se asume una visión constructivista como base para argumentar la importancia de estos métodos indagativos. Luego, se analizan los aspectos más relevantes del aprendizaje basado en problemas y las características de su enseñanza por los profesores para así describir la metodología basada en problemas empleada en esta investigación, la Metodología de Resolución de Problemas por Investigación (MRPI). Finalmente, se presentan los resultados de un conjunto de investigaciones realizadas hasta la fecha, de interés para este trabajo, sobre la implementación en las aulas de metodologías indagativas basadas en problemas.

### **1.1. La educación basada en resolución de problemas y la competencia científica**

Desde sus comienzos como especie, los humanos han tenido que resolver dificultades, retos y problemas para su supervivencia en el medio. Los relativos con conocer, interpretar y predecir la realidad, constituyen lo que llamamos ciencia. Así, una primera definición de ciencia sería: la actividad humana dirigida a resolver problemas.

Simon (1981), ya establecía una clara relación entre ciencia y resolución de problemas, al afirmar que el descubrimiento científico es una forma de resolver estos problemas y que el proceso que sigue la ciencia se puede explicar como los pasos de su resolución.

Por ello, la educación científica no puede concebirse sin la inclusión de actividades dirigidas a la resolución de situaciones que se consideran problemáticas con la intención de fomentar en los alumnos el desarrollo de dichas competencias.

En este sentido, en el sistema educativo español se incluye la resolución de problemas como destrezas básicas para el desarrollo de competencias científicas y el aprendizaje en ciencias, que se concreta en el desarrollo del currículo básico para la educación secundaria de la siguiente manera:

*[...] Estas competencias contribuyen al desarrollo del pensamiento científico, pues incluyen la aplicación de los métodos propios de la racionalidad científica y las destrezas tecnológicas, que conducen a la adquisición de conocimientos, la contrastación de ideas y la aplicación de los descubrimientos al bienestar social. [...] Estas competencias han de capacitar, básicamente, para identificar, plantear y*

*resolver situaciones de la vida cotidiana –personal y social– análogamente a como se actúa frente a los retos y problemas propios de la actividades científicas y tecnológicas. [...] Se requiere igualmente el fomento de destrezas que permitan utilizar y manipular herramientas y máquinas tecnológicas, así como utilizar datos y procesos científicos para alcanzar un objetivo; es decir, identificar preguntas, resolver problemas, llegar a una conclusión o tomar decisiones basadas en pruebas y argumentos. Asimismo, estas competencias incluyen actitudes y valores relacionados con la asunción de criterios éticos asociados a la ciencia y a la tecnología, el interés por la ciencia, el apoyo a la investigación científica y la valoración del conocimiento científico. [...] la adquisición de las competencias en ciencia y tecnología requiere, de manera esencial, la formación y práctica en los siguientes dominios: – Investigación científica: como recurso y procedimiento para conseguir los conocimientos científicos y tecnológicos logrados a lo largo de la historia. El acercamiento a los métodos propios de la actividad científica –propuesta de preguntas, búsqueda de soluciones, indagación de caminos posibles para la resolución de problemas, contrastación de pareceres, diseño de pruebas y experimentos, aprovechamiento de recursos inmediatos para la elaboración de material con fines experimentales y su adecuada utilización– no solo permite el aprendizaje de destrezas en ciencias y tecnologías, sino que también contribuye a la adquisición de actitudes y valores para la formación personal: atención, disciplina, rigor, paciencia, limpieza, serenidad, atrevimiento, riesgo y responsabilidad, etcétera. – Comunicación de la ciencia: para transmitir adecuadamente los conocimientos, hallazgos y procesos. El uso correcto del lenguaje científico es una exigencia crucial de esta competencia: expresión numérica, manejo de unidades, indicación de operaciones, toma de datos, elaboración de tablas y gráficos, interpretación de los mismos, secuenciación de la información, deducción de leyes y su formalización matemática. También es esencial en esta dimensión competencial la unificación del lenguaje científico como medio para procurar el entendimiento, así como el compromiso de aplicarlo y respetarlo en las comunicaciones científicas. (MECD, 2015, p.6993).*

Como se observa, la normativa incide en favorecer el desarrollo del conocimiento científico, de los procesos propios de la metodología científica y del interés y actitud positiva hacia la ciencia, es decir de la competencia científica.

En este sentido la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), para evaluar internacionalmente la competencia científica en educación secundaria, comenzó en el año 2000 el programa PISA (Programme for International Student Assessment) para analizar la situación de los alumnos de 15 años en diferentes competencias (lectora, matemáticas y ciencias) que se consideran esenciales en su educación. Los resultados se obtienen de las pruebas que se realizan cada tres años con los que se elaboran unos informes detallando la situación entre los países evaluados. En el año 2006 se realizó el primer análisis específico sobre la competencia científica y el último se realiza durante el 2015.

La situación de la competencia científica en el sistema educativo español no obtiene buenos resultados en estas pruebas, situándose en todos estos estudios por debajo de la media de los 34 países de la OCDE y de los de la Unión Europea en conocimientos

científicos. Para la puntuación media de 500 puntos, España obtiene 491 (PISA 2000), 487 (PISA 2003), 488 (PISA 2006), 488 (PISA 2009) y 496 en PISA 2012 para un valor medio de 501 puntos. En este último análisis se observa cierta mejoría respecto a las pruebas anteriores, pero no deja de encontrarse por debajo de la media del resto de países. Se pone de manifiesto la necesidad de poner medidas para mejorar la educación científica.

Las pruebas del año 2012 (INEE 2013a y 2013b) arrojan resultados más precisos sobre la competencia científica en las capacidades de los estudiantes para la resolución de problemas como: comprender y resolver situaciones poco obvias; explorar, comprender, representar y formular problemas; planificar, ejecutar, controlar y reflexionar para la búsqueda de soluciones a los problemas que se les presenten; e, incluso, su disposición para desarrollar su potencialidad como un ciudadano reflexivo y constructivo. Los resultados en España también son alarmantes, pues se obtiene una puntuación de 477 respecto a los 500 puntos de la media de la OCDE. Los 23 puntos de diferencia indican la necesidad de abordar este aspecto para que el alumnado perfeccione su competencia en resolución de problemas.

Respecto a la actitud frente a la ciencia la OCDE (2007) extrajo los siguientes resultados en la prueba PISA 2006:

- El 93% de los alumnos cree en la importancia de las ciencias para la comprensión del mundo y el 92% opina que sus avances contribuyen a mejorar la calidad de vida de las personas.
- Para el 57% las ciencias tienen especial relevancia para ellos, pero sólo el 13% visita de forma habitual páginas de internet relacionadas con temas científicos y sólo el 8% lee libros de temática científica.
- El 47% de los alumnos considera que las materias de ciencias son materias fáciles y el 65% se siente capacitado para resolver en la escuela los cuestionarios científicos.
- Sólo el 37% pretende estudiar una carrera científica en la universidad (el 27,7% en España), aunque el 67% disfruta estudiando y aprendiendo ciencias. Y, efectivamente, el número de estudiantes universitarios en ciencias en toda Europa ha ido disminuyendo del 24,4% en 2001 al 21,4% en 2010 (OCDE, 2013).

Según el eurobarómetro del 2005, en un estudio sobre “Europeos, ciencia y tecnología”, sólo un 15% de los europeos se encontraban satisfechos con la calidad de las clases de ciencias que se reciben en las escuelas. Este estudio sobre las actitudes de los alumnos hacia las ciencias y sus intenciones de estudio en el futuro, junto con los datos comentados de las actitudes de PISA 2006, no indican una buena situación de la educación científica que se ofrece en las escuelas europeas y españolas. Estos datos generan preocupación, pero su análisis y la búsqueda de soluciones no se suponen que sean sencillas. Las clases de ciencias suelen basarse en modelos metodológicos expositivos que podrían contribuir a la falta de motivación de los alumnos hacia su aprendizaje, pero son ya varias décadas de investigación educativa con propuestas metodológicas alternativas e innovadoras que no terminan de implantarse en la práctica habitual de los profesores. Las causas seguramente se deban a la falta de formación, a la poca motivación por probar y cambiar de métodos, al miedo a que no le sirvan o a “perder el tiempo” para conseguir tratar todo el currículo, etc.



La educación científica en las aulas es un contexto muy complejo que requiere de estudios rigurosos para reflexionar sobre las causas de la situación de la enseñanza de las ciencias en España (Puente, 2008; Pérez-Landazabal & Varela, 2013). Pero, además, convendría analizar y revisar la formación de los profesores y los futuros docentes (Hernández, 2006; Cárdenas & Huertas, 2013) con el fin de tomar decisiones y reformas de base que permitan mejorar la situación de la educación científica.

Según lo comentado, en los últimos tiempos se ha puesto de manifiesto tanto a nivel nacional como internacional la necesidad de mejorar la calidad de la enseñanza de las ciencias para educar a la población científicamente y, a partir de las investigaciones en este campo, se ha concluido que uno de los aspectos fundamentales para lograrlo es la inclusión de metodologías de tipo indagativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por medio de estrategias de aprendizaje cooperativo en el que el profesor se convierte en facilitador del aprendizaje más que en un transmisor de conocimientos.

Las instituciones europeas, en materia educativa, y para abordar el bajo interés de los estudiantes por las ciencias, recomiendan enseñarlas de una manera indagativa (Inquiry-Based Science Education, IBSE) como cambio metodológico necesario para mejorar la calidad e interés hacia la ciencia (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walweg-Heriksson & Hemmo, 2007), posibilitar aprendizajes significativos (Bransford, Brown & Cocking, 2000) y fomentar la motivación de los profesores.

La indagación, como método de enseñanza, ya se introdujo de forma pionera en los currículos escolares en Estados Unidos (NRC, 1996; Keys & Bryan, 2001) y otros autores también proponen este cambio metodológico en Singapur, Alemania, etc. (Chin & Chia, 2006; Roesch, Nerb & Riess, 2015). Además, su eficacia como método de enseñanza-aprendizaje para conseguir la formación científica de los alumnos ha sido probada en diferentes currículos escolares (Estados Unidos, Australia, Reino Unido, Líbano, Taiwán, Israel y Venezuela) (Abd-El-Khalick, Boujaoude, Duschl, Lederman, Mamlok-Naaman, Hofstein, Treagust & Tuan, 2004).

También se incluyó en el sistema educativo español en la LOE (Ley Orgánica de Educación, 2006) para la adquisición de la competencia científica y ahora también lo hace la LOMCE (Ley Orgánica de Mejora de la Calidad Educativa, 2013) como recurso metodológico para la resolución de problemas y el acercamiento de los alumnos a los métodos científicos:

*[...] la adquisición de las competencias en ciencia y tecnología requiere, de manera esencial, la formación y práctica en los siguientes dominios: – Investigación científica: [...]. El acercamiento a los métodos propios de la actividad científica –propuesta de preguntas, búsqueda de soluciones, indagación de caminos posibles para la resolución de problemas, contrastación de pareceres, diseño de pruebas y experimentos, aprovechamiento de recursos inmediatos para la elaboración de material con fines experimentales y su adecuada utilización [...]. (MECD, 2015, p.6993).*

En base a la situación de la educación científica que se ha detallado y a las recomendaciones aportadas por las autoridades en materia educativa, la indagación es la

solución a la baja competencia científica para la educación de los estudiantes, tanto en España como a nivel internacional.

## **1.2. La indagación como cambio metodológico en la enseñanza**

Aunque existen diferentes definiciones de lo que es la indagación, en este estudio se asume una de las más utilizadas en la literatura, la propuesta por Linn, Davis & Bell, (2004) que dice: “*[la indagación es] el proceso intencional de diagnóstico de problemas, la crítica de los experimentos y distinción de alternativas, la planificación de las investigaciones, la investigación de conjeturas, la búsqueda de información, la construcción de modelos, el debate con los compañeros y la formación de argumentos coherentes*” (p.4).

Como se observa en esta definición, la indagación se constituye como una herramienta para la resolución de problemas compuesta por un conjunto de acciones y habilidades, propias del trabajo de los científicos, para el avance del conocimiento científico, y que son las competencias que precisamente interesa que desarrollen los alumnos para el aprendizaje de los conocimientos científicos.

En este sentido la indagación atendería la petición de otros investigadores como Michael (2006), que hace un llamamiento a cambiar de paradigma centrándose más en el alumno, o Barr & Tagg (1995) que recalcan la necesidad de centrarse más en el aprendizaje y no en la enseñanza. Este tipo de instrucción implicaría que el alumno es el eje principal del motor de su aprendizaje en contra del centrado en las explicaciones del profesor (Pedersen & Liu, 2003).

En general, la indagación se centra en los alumnos que aprenden activamente y experiencialmente a través de un modelo constructivista de aprendizaje. Implica enfrentar a los estudiantes a un reto, del que no disponen conocimientos ni son explicados por el profesor, y que deben resolver construyendo el conocimiento mediante el trabajo en equipos cooperativos. Esto supone un modelo educativo opuesto al basado en la instrucción, centrado en el profesor y en su enseñanza a través de un rol expositivo, y a cuya enseñanza se le suele denominar como tradicional, deductiva o no indagativa (Rocard et al, 2007; Domin, 2007).

La educación basada en la indagación no conlleva un método específico de enseñanza o un modelo curricular, incluye o superpone varios modelos, por ejemplo, ciclos de aprendizaje o cambio conceptual. Eso permite que el profesor de acuerdo con sus creencias y modelos didácticos pueda desarrollarlo, produciendo vías y caminos diferentes de implementar la indagación en el aula. Algunos ejemplos de metodologías para la IBSE se muestran en la Tabla 1.

<b>MÉTODO</b>	<b>RECURSOS QUE REQUIERE</b>	<b>TIEMPO DE PLANIFICACIÓN Y DE INSTRUCCIÓN REQUERIDOS</b>	<b>RESISTENCIA DE LOS ALUMNOS</b>
Indagación	Ninguno	Escaso	Mínima
Casos (individual)	Casos	Escaso (para casos existentes) Considerable (para casos originales)	Mínima
Basado en proyectos (individual)	Facilidad para proyectos experimentales	Escasa (para el mismo proyecto, sin mantenimiento de instalaciones) Moderado (diferentes proyectos, mantenimiento de instalaciones)	Mínima
Just in time	Curso basado en sistema de gestión de la web	Moderado (continua necesidad de ajustar la planificación de la lección para reflexionar sobre las respuestas de los estudiante ante las preguntas del inicio de la clase)	Moderada
Casos (equipo)	Casos	Considerable (gestión del equipo)	Considerable
Basado en proyectos (equipo)	Facilidad para proyectos experimentales	Considerable (gestión del equipo, mantenimiento de instalaciones)	Considerable
Basado en problemas	Problemas	Considerable (para problemas existentes) Grande (para problemas originales)	Grande
Híbrido (basado en problemas y en proyectos)	Problemas y facilidad para proyectos experimentales	Considerable (para problemas existentes) Grande (para problemas originales)	Grande

**TABLA 1.** *Relación entre métodos de enseñanza inductivos y sus características.*  
(Fuente: Prince & Felder, 2007 en Bárcena, 2015).

En la tabla se observan diversas metodologías que se diferencian entre sí en la propia naturaleza de su diseño, en el nivel de ayuda que aporta el profesor al alumnado para su resolución e, incluso, en las dimensiones y tipología del reto que se les plantea (Prince & Felder, 2007).

En concreto, la metodología basada en problemas supone un tiempo de planificación extenso y una gran resistencia del alumnado respecto al tiempo de resolución. Plantea diferentes desafíos para los profesores y los alumnos, que probablemente se encuentren incómodos con diferentes roles y responsabilidades necesarios en el modelo de clase que proponen estas metodologías (Land, 2000 en Ertmer & Simons, 2006). Hay alumnos que disfrutan con estos métodos pero, aunque no es generalizado, hay una parte del alumnado que presenta dificultades y cierto rechazo hacia ellos (Prince y Felder, 2007), dificultando así su responsabilidad hacia el aprendizaje (English & Kitsantas, 2013) y algunos se niegan a cambiar su rol tradicional de aprendiz o no les gusta trabajar en grupos cooperativos (Hmelo-Silver, 2004).

La puesta en práctica de este tipo de metodologías requiere que el profesor esté dispuesto a implementarlas en el aula, es decir, se relaciona con las creencias de los profesores (Wheeler, Maeng, Bell & Whitworth, 2015). Por ejemplo, el suponer que requieren mucho tiempo y, por ello, que es incompatible con la extensión de los currículos oficiales (Gyllenpalm, Wickman & Holmgren, 2010), que dificulta la gestión del aula (Marshall & Smart, 2013), que no se dispone de materiales y recursos necesarios y adecuados (Anderson, 2002; Jones & Erik, 2007), la ausencia de formación

del profesorado (Ireland, Watters, Brownlee & Lupton, 2014) e, incluso, creer que sólo es válida para alumnos de altas capacidades (Colburn, 2000; Quintanilla, Joglar, Jara, Camacho, Ravel, Lavamere, Cuellar, Izquierdo & Chamizo, 2010). Por otra parte, se ha cuestionado la eficacia de estos métodos frente a los tradicionales (Colliver, 2000) e, incluso, se ha llegado a afirmar que no son metodologías tan efectivas como las guiadas (Lawson, 2000; Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Estas ideas y creencias suelen estar en la base de la reducida implementación de metodologías indagativas en las aulas (Byers & Fitzgerald, 2002; Roehrig & Luft, 2004; Rocard et al, 2007).

En relación al aprendizaje construido por los alumnos cuando trabajan con metodologías de esta naturaleza, algunos autores han manifestado que la educación científica basada en la indagación resulta adecuada para fomentar la habilidad de resolución de problemas experimentales (Keselman, 2003; Ehmer, 2008 en Roesch, Nerb & Riess, 2015), el aprendizaje autónomo (Hof, 2011 en Roesch, Nerb & Riess, 2015) y la motivación intrínseca de los alumnos (Deci & Ryan, 2000) y todo ello sin una merma en su capacidad para proporcionar una buena base de conocimientos semejante a la de metodologías tradicionales (Newman, 1993 en Strobel & van Barneveld, 2009; Wong & Day, 2009) y con un aprendizaje más persistente en el tiempo (Norman & Schmidt, 1992; Capon & Kuhn, 2004; Wong & Day, 2009; English & Kitsantas, 2013).

Es decir, a la indagación se la puede considerar como un medio para favorecer la enseñanza de las ciencias y como un fin para conseguir el aprendizaje científico de los alumnos (Abd-El-Khalick et al, 2004; Prince & Felder, 2007). En este sentido, en el presente estudio se opta por la resolución de problemas como metodología indagativa.

### **1.3. La enseñanza basada en la resolución de problemas como método indagativo**

Como se ha visto anteriormente, los modelos de instrucción basados en problemas presentan un gran potencial para favorecer la indagación en las aulas de ciencias (Chin & Chia, 2004). A continuación, se realiza una pequeña introducción sobre los inicios de este tipo de enseñanza.

#### **1.3.1. Origen y desarrollo histórico de la enseñanza basada en problemas**

La educación científica basada en problemas en realidad no es nueva en absoluto. Hasta se podría considerar que se remonta a Sócrates. Ya Dewey (1938) había hecho hincapié en la necesidad de la enseñanza de la ciencia a través de los problemas que eran relevantes para los estudiantes mediante la resolución de problemas y sus estrategias de resolución. Gagné (1985) también consideró que los conceptos científicos se aprendían de manera más significativa a través de la resolución de problemas.

Su origen tal y como se entiende actualmente se remonta a la década de los 50 del siglo pasado y se asocia a los estudios de medicina (Rhem, 1998 en Pecore, 2013;

Weller & Karp-Boss, 2007 en Pecore, 2013) según la tradición de Kilpatrick (1918) y Dewey (1938). Formalmente se inicia en la McMaster University School of Medicine en Ontario, Canadá, a finales de los sesenta (Magnussen, Ishida & Itano, 2000). Surge también de forma paralela en las universidades de Michigan (EEUU), Maastricht (Países Bajos) y Newcastle (Australia) con currículos basados en problemas (Barrows, 1996). Posteriormente se extendió prácticamente a toda la educación superior, la educación básica y la formación de profesores (Helgeson, 1994; Savery, 2006). De hecho, la resolución de problemas en la educación científica se comenzó a investigar mucho antes que en la educación médica (Wong & Day, 2009).

En la actualidad, es un conjunto de metodologías internacionalmente extendida a diversas disciplinas y población de estudiantes (Hmelo-Silver, 2012), que está ganando popularidad en currículos escolares como el español y el estadounidense (Pecore, 2013). No obstante, como se indicó anteriormente, determinadas características de estas metodologías generan reticencias en el profesorado que impiden que las asuman en su práctica docente.

Pero antes de caracterizar la enseñanza basada en problemas y su aprendizaje surge la necesidad de abordar qué es un problema, sus tipologías y las dificultades de su diseño.

### **1.3.2. Problemas. Diferentes clasificaciones e importancia de su diseño para la resolución de problemas**

En un sentido amplio, un problema siempre se puede considerar como un obstáculo, reto o tarea sin solución evidente que necesita de una acción dirigida para buscar su solución. Estas ideas se manifiestan en las diferentes definiciones que se pueden encontrar en la literatura, por ejemplo:

- Un problema existe cuando una persona percibe un vacío entre donde está y donde quiere llegar, pero no sabe cómo llenar dicho vacío (Hayes, 1981 en Gabel, 1999).
- *“Una persona se enfrenta a un problema cuando acepta una tarea, pero no sabe de antemano cómo realizarla. Aceptar una tarea implica poseer algún criterio que pueda aplicarse para determinar cuando se ha terminado la tarea con éxito”* (Simon, 1978, p.198).
- Una situación o tarea que de entrada no tiene solución evidente y exige investigación (Mettes, Pilot, Roosink & Kramers-Pals, 1980; Gil & Martínez-Torregrosa, 1983).
- Un problema es una situación en la que se intenta alcanzar un objetivo y se hace necesario un medio para ello (Chi & Glaser, 1986).

- *“Un desafío, una situación sin solución que no se puede resolver inmediatamente”* (Watts, 1994, p.9).
- *“Una situación incierta que provoca en quien la padece una conducta (resolución del problema) tendente a hallar la solución (resultado) y reducir de esta forma la tensión inherente a dicha incertidumbre”* (Perales, 2000, p.11).
- *“Es una tarea que de entrada no tiene una solución evidente y como consecuencia exige investigación”* (Martínez Aznar, Varela, Ibáñez & Bárcena, 2001, p.8).
- *“Cualquier situación que se les plantea a los estudiantes dentro del contexto escolar y a la cual tienen que dar una solución”* (Ibáñez, 2003, p.56).

Incluso en el diccionario de la Real Academia Española, en sus diferentes acepciones, aparece la necesidad de una solución a la incertidumbre:

- Cuestión que se trata de aclarar. Proposición o dificultad de solución dudosa. Conjunto de hechos o circunstancias que dificultan la consecución de algún fin. Planteamiento de una situación cuya respuesta desconocida debe obtenerse a través de métodos científicos (RAE, 2014).

Más allá de las definiciones, es posible identificar diferentes tipos de problemas según las áreas de conocimiento (Jonassen & Hung, 2008), porque no todos los problemas son iguales ni tienen el mismo potencial educativo (Jonassen, 2011). Los autores suelen clasificarlos en función de diferentes factores, como se recogen en algunos ejemplos a continuación.

Clasificaciones específicas desde la enseñanza podrían ser las de Martínez Aznar (1990), con la identificación de tres categorías:

- **Contextual** (cotidianos/científicos, tecnológicos/científicos)
- **Matemática** (abiertos/cerrados, verdaderos/puzles, bien-estructurados/mal-estructurados)
- **Procedimientos** (algorítmicos/investigativos);

y, la propuesta por Perales (2000) que clasifica los problemas según:

- **Campo de conocimiento implicado**
- **Tipo de solución** (abiertos/cerrados)
- **Tareas que se requieren para su resolución** (cualitativos, cuantitativos, experimentales, creativos)

- **Procedimiento seguido** (ejercicios/algoritmos/heurísticos).

También en este mismo área Chin & Chia (2006) distinguen entre problemas bien y mal estructurados. La mayoría de los problemas de clase que aparecen en los libros de texto y los diseñados habitualmente por los profesores están bien estructurados, mientras que la mayoría de problemas que tienen que tratar en la vida real son abiertos y mal estructurados. En ambos casos, estos autores indican que para resolver unos y otros se necesita dominar los conocimientos y tener destrezas de argumentación, pero incluyen algunas diferencias entre ambos tipos de problemas:

- **Bien estructurados:** Estos problemas se caracterizan por tener un tipo de soluciones similares que, aunque no se conozcan a priori, la aplicación de un número limitado de reglas y principios permiten hallarlas fácilmente. Se conocen todos los elementos, datos y procesos que se necesitan para obtener la solución (Kitchner, 1983) y donde las soluciones requieren usar procesos lógicos algorítmicos (Greeno, 1978). Las restricciones del problema son lógicas, suelen ser más sencillos y rápidos de hacer, poseen una estructura coherente, sus interconexiones suelen ser claras, las reglas para su evaluación vienen determinadas por la estructura del problema pues se busca una solución correcta y se identifican claramente el estado inicial del problema y su estado final.
- **Mal estructurados:** Estos problemas, como dice Jonassen (1997) requieren de un proceso largo y repetitivo para su aprendizaje. Se trata de problemas complejos, ambiguos, con variadas interconexiones e interdisciplinarios que tienen múltiples soluciones y diferentes caminos para llegar a ellas, ya que cuentan con poca información sobre los conceptos o reglas que se necesitan para obtener la solución. La información que se necesita para resolver el problema no está en su enunciado (Chi & Glaser, 1985) o las restricciones no se mencionan (Voss, 1988; Voss & Post, 1988). Suelen necesitar un mayor tiempo para su resolución y las destrezas de argumentación que desarrollan son muy importantes porque los alumnos tienen que generar un argumento viable, que se pueda defender y que sea convincente para la solución del problema. Es posible que los alumnos que intenten resolverlos cambien las condiciones iniciales del problema con el fin de que se ajuste mejor a sus conocimientos y experiencias.

Una clasificación amplia y de carácter general es la propuesta de Jonassen (2011), que establece siete tipos en los que se puede ubicar cualquier tipo de problema. Esta clasificación está en función de la tarea que deben realizar los alumnos, el objetivo y su grado de dificultad:

- **Problemas que usan reglas frente a problemas que deducen reglas.** Los que usan reglas pueden ser simples o complejos y, aunque no se limitan a un procedimiento específico, tienen objetivos claros. Los que deducen reglas obligan a averiguar en qué consiste el problema y todo lo relacionado con él.
- **Problemas que conllevan tomar decisiones.** Obligan a decidir el plan a seguir a partir de un amplio y complejo número de factores que hay que considerar, aunque el número de soluciones suele ser reducido.

- **Problemas para la localización y corrección de fallos.** Se debe averiguar dónde se encuentran los errores o fallos para darles solución y resolver el problema.
- **Problemas de rendimiento estratégico.** Son problemas complejos y mal estructurados cuya resolución requiere aplicar varias acciones clave y en tiempo real. Resolver este tipo de problemas es lo que se ha llamado toma de decisiones naturalistas (Klein, 1998 en Jonassen, 2011).
- **Problemas de política.** Son problemas complicados debido a la cantidad de perspectivas diferentes y contrapuestas y a la complejidad que poseen.
- **Problemas de diseño.** Requieren aplicar gran cantidad de conocimientos para crear un diseño original. Tiene múltiples soluciones y variadas estrategias a seguir para alcanzar la solución, pero poseen también diferentes criterios, a veces desconocidos, para evaluar las soluciones.
- **Dilemas.** Suelen ser situaciones sociales complejas con planteamientos que se contraponen. Estos problemas son considerados los de peor estructuración, porque no hay una solución aceptable para la mayoría de personas afectadas por el problema. El escenario es tan complejo e impredecible que la mejor solución nunca se puede alcanzar.

Siguiendo con la cuestión de la dificultad que para el alumno tienen los problemas, se debe recalcar que ha sido objeto de poca atención por parte de la investigación. La dificultad del problema, como definición, es la probabilidad de que se resuelva satisfactoriamente, valoración que suele ser realizada por el profesor basándose en su experiencia e intuición (Jonassen & Hung, 2008) y, a posteriori, en función de los resultados de los estudiantes al resolver los problemas. Pero definir la dificultad de un problema no es una cuestión tan fácil, pues supone considerar la:

- **Complejidad.** Se trata de la parte conocida del problema, que incluye la cantidad de conocimientos y destrezas que se necesitan para su resolución, el grado de dificultad en la comprensión que conlleva aplicar los conceptos, el grado de complejidad de los procedimientos necesarios y la capacidad que se posea para establecer relaciones no lineales entre las variables implicadas en el problema.
- **Estructuración.** Son los aspectos desconocidos del problema, como la poca claridad que posea y lo poco predecible que sea, sus variadas interpretaciones, la interdisciplinariedad que requiera y sus múltiples alternativas para alcanzar su resolución.

En un cuestionario de Jonassen (2000) sobre dichos aspectos, se descubrió que los alumnos daban más importancia a la estructuración del problema que a su complejidad, y se sugería que preferían algún tipo de estructuración para identificar la solución más fácilmente.

Jonassen (2007) define la complejidad de los problemas en base a factores internos y externos. Sus características son las siguientes:



- **Internos:** Son aquellos propios de los alumnos, que incluyen el grado de conocimientos que posean, su experiencia en la resolución de problemas y sus habilidades y destrezas de razonamiento.
- **Externos:** Son externos a los alumnos y propios de la naturaleza del problema. Bassok (2003) explicaba dos factores en los problemas que son importantes, la abstracción y la continuidad. La abstracción se refiere a la representación del problema y su contexto que puede facilitar o impedir la transferencia de un problema a otro, ya que la mayoría de los problemas de clase son más abstractos que los problemas cotidianos. La continuidad del problema, que puede ser alta o baja, viene determinada por la permanencia o no de las condiciones iniciales del problema, resolviéndose con mayor facilidad los problemas de alta continuidad (cuyas condiciones no varían) que los de baja continuidad (cuyas condiciones varían con el tiempo).

Las diferentes tipologías de problemas que se pueden encontrar, así como su dificultad, obligan a investigar cuales son los tipos más adecuados para la resolución de problemas desde la perspectiva de las metodologías indagativas.

El tipo de problemas que los alumnos se encuentran en la escuela tienen poco que ver con los problemas que necesitan resolver en el día a día (Roth & McGinn, 1997).

Los alumnos identifican problemas que no están definidos por las disciplinas académicas sino por sus propios intereses, lo que permite el diseño de múltiples ejemplos de problemas que integren conocimientos de diferentes asignaturas que interactúen durante su resolución.

En la bibliografía publicada sobre la enseñanza mediante resolución de problemas (Doubleday, Brown, Patston, Jurgens-Toepke, Strotman, Koerber, Haley, Briggs & Knight, 2015) se incluyen estudios que investigan las características que deben tener los problemas para que sean efectivos (Edmondson, 1994; Harling & Misser, 1998; Jonassen, 2000; Hmelo-Silver & Barrows, 2006; Jonassen & Hung, 2008).

En cuanto al diseño o características de los problemas eficaces Hung (2009) señala aspectos que se deben evitar para que los problemas no resulten infructuosos:

- Tratar contenidos inadecuados.
- Contar con requisitos improcedentes para la resolución de los problemas.
- Generar ambigüedad en los problemas de forma no deliberada.

La eficacia de los problemas y su elección determinará el éxito del tratamiento del currículo mediante la resolución de problemas. La calidad de los problemas afectará a los diversos aspectos del aprendizaje de los estudiantes y a su rendimiento académico. Si la selección y diseño de los problemas es inadecuada podría causar dificultades en el

aprendizaje de los contenidos que el problema pretendía conseguir (Dolmans, Gijsselaers, Schmidt & van der Meer, 1993).

Hay investigadores, en otros campos de estudio diferentes al de la educación, que han investigado, discutido y proporcionado sugerencias y directrices para el diseño de los problemas (Stinson & Milter, 1996; Lee, 1999 en Hung, 2006; Drummond-Young & Mohide, 2001; Duch, 2001; Weiss, 2003 en Hung, 2006;). Son ideas muy útiles, pero excesivamente generales o muy específicas para el campo de conocimientos para el que se proponen, por lo tanto, son insuficientes para proporcionar a los educadores un marco conceptual completo para el necesario proceso de diseño de problemas eficaces para los estudiantes en todas las disciplinas y edades.

En cuanto a la escasa y poco sistematizada investigación relacionada con el diseño de problemas adecuados, cabe destacar la aportación que hace Hung (2006) que distingue los componentes del problema relacionados con los contenidos (adecuados, suficientes, contextualizados e integrados entre sí) y los componentes del problema relacionados con la propia investigación (el razonamiento, las destrezas para resolver el problema y las habilidades para realizar un aprendizaje autodirigido).

Según lo expuesto, Koschmann, Myers, Feltovich & Barrows (1994) hacen su propuesta y establecen sus recomendaciones con las características que deben poseer los problemas verdaderos para la resolución de problemas, los cuales tienen que:

- Ser abiertos, es decir, evitando fijar parámetros que centren la investigación.
- Poseer complejidad, debido a la cantidad de contenidos relacionados y a la dificultad para encontrar respuestas sencillas (Jonassen & Hung, 2008). Los buenos problemas a menudo requieren soluciones multidisciplinarias que les ayudarán a construir un conocimiento más amplio y flexible, ya que se sabe que la información no se aprende en contextos aislados (Hmelo-Silver, 2004).
- Tener un diseño mal estructurado, en los términos definidos por Chin & Chia (2006).
- Ser realistas y estar relacionados con la vida cotidiana y las experiencias de los alumnos, es decir, estar contextualizados.
- Favorecer la retroalimentación, para que los alumnos evalúen la efectividad de su conocimiento, razonamiento y estrategias de aprendizaje.
- Fomentar las conjeturas y la argumentación, desarrollando destrezas durante la comunicación del alumnado de sus conocimientos de forma adecuada al resto de sus compañeros.
- Necesitar recabar información de diversas fuentes, así se obliga y permite ver a los alumnos que el conocimiento es una herramienta útil para resolver los problemas.

Es decir, las metodologías de resolución de problemas requieren de la construcción de problemas auténticos para el aprendizaje de conocimientos mediante su resolución y para aprender a resolverlos.

Tras la caracterización de problemas y la importancia de su diseño conviene aclarar lo que se entiende por educación basada en problemas.

### **1.3.3. Definiciones y descripciones de la educación basada en problemas**

En la investigación al respecto, diferentes autores han propuesto definiciones o descripciones de la educación basada en problemas, algunas de ellas hacen más hincapié en la enseñanza y otras en el aprendizaje alcanzado por los alumnos.

En relación a la enseñanza basada en problemas, por ejemplo, se pueden encontrar:

- Los objetivos de la enseñanza basada en problemas son guiar a los alumnos para que desarrollen una base de conocimientos extensiva y flexible, destrezas efectivas para resolver problemas, destrezas para el aprendizaje autodirigido a largo plazo y para que se conviertan en colaboradores efectivos y en alumnos intrínsecamente motivados (Hmelo-Silver, 2004).
- Es un enfoque de instrucción y curricular centrado en los alumnos que les otorga la posibilidad de dirigir la investigación, integrar teoría y práctica y de aplicar el conocimiento y destrezas para desarrollar una solución viable a un problema definido (Savery, 2006).
- Es un método de instrucción que desarrolla el conocimiento de los alumnos y las destrezas para resolver problemas en el mundo real (Pecore, 2013).
- Es un método de instrucción en el que los alumnos aprenden a través de la resolución guiada de problemas complejos que no tienen una respuesta correcta (English & Kitsantas, 2013 en Hmelo-Silver, 2004).

En la literatura, se describe el aprendizaje basado en problemas como:

- La resolución de problemas puede ser considerada como un proceso en el cual el alumno descubre una combinación de reglas previamente aprendidas que se pueden aplicar para conseguir la solución a una situación problemática nueva. No es simplemente una cuestión de aplicar reglas, sino que es un proceso que da como resultado un nuevo aprendizaje (Gagné, 1985).
- Está centrado en el aprendizaje basado en la experiencia y organizado en torno a la investigación, la explicación y resolución de problemas significativos (Barrows, 2000).

- El aprendizaje basado en problemas se define como un aprendizaje centrado en la experiencia, la manipulación para llegar a la comprensión, y organizada en torno a la investigación de problemas reales complejos (Torp & Sage, 2002).
- Se caracteriza porque es un modelo en el que los alumnos tienen más control sobre el proceso de aprendizaje, donde el nuevo conocimiento se adquiere por medio de la resolución de problemas auténticos, mal estructurados e interdisciplinarios propios de la práctica profesional (Barrows & Tamblyn, 1989, en Walker & Leary, 2009).

Estas diferentes definiciones y descripciones de la educación basada en problemas dejan entrever una serie de supuestos o características que comparten estas metodologías.

#### **1.3.4. Características de la educación basada en problemas**

Si se entiende la instrucción como un proceso de enseñanza-aprendizaje, en las siguientes líneas se distinguen las características que forman parte del aprendizaje mediante resolución de problemas de las relacionadas con la enseñanza llevada a cabo por la implementación de las metodologías.

En relación al aprendizaje basado en problemas, la indagación se centra en el alumno pues es el que construye el conocimiento y tiene que determinar lo que necesita aprender (Savery, 2006; Jonassen, 2011) y es su responsabilidad proporcionar las claves de los problemas que afronta, definir las lagunas de conocimiento que tienen y perseguir y adquirir el conocimiento que precisa para llegar a su resolución (Barrows, 2002; Hmelo-Silver & Barrows, 2006). Además, el aprendizaje es:

- De base constructivista;
- Por investigación;
- Activo;
- Flexible;
- Cooperativo;
- Autodirigido;
- Autorregulado;
- Autorreflexivo; y
- Motivador.

En este proceso, el rol del profesor será el de facilitador de dichos aprendizajes, diseñador de problemas verdaderos y generador de un clima de aula acorde con estas metodologías. Es decir, atendiendo a su enseñanza se deben considerar tres características esenciales en la educación basada en problemas:

- Centrar el currículo en problemas y en su resolución;
- Integrar teoría y práctica; y
- Precisar de un profesor que facilite el proceso de aprendizaje.

A continuación, se va a profundizar en cada componente del proceso educativo, comenzando por los que tienen relación con el aprendizaje de los alumnos.

## **1.4. El aprendizaje basado en problemas**

Los alumnos desarrollan destrezas efectivas para resolver problemas, es decir, les faculta para investigar, lo que incluye la habilidad para aplicar las estrategias metacognitivas y de razonamiento apropiadas. Estas destrezas se refieren al control para planificar la resolución de los problemas, ser capaz de supervisar el propio progreso y evaluar si se han conseguido los objetivos (Schoenfeld, 1985 en Hmelo-Silver, 2004). Son capaces de identificar los problemas, analizarlos convenientemente, reformularlos para decidir lo que desean investigar, plantear hipótesis más correctas o apropiadas, diseñar estrategias de investigación, ponerlas en práctica y extraer resultados que les permita concluir aspectos relacionados con sus hipótesis y con el problema de partida.

El papel que desarrollan los alumnos debe ser activo, ya que la elaboración y construcción de significados y conceptos requiere un cierto nivel de esfuerzo, por lo que tienen una gran responsabilidad en su propio aprendizaje. Michael (2006) propone el aprendizaje activo como el proceso en el que los alumnos son responsables en su aprendizaje, no sólo mental sino también físicamente, por medio de actividades que conllevan recabar información, pensar y resolver problemas. Así se involucran y participan en la actividad, reflexionan sobre sus ideas y cómo las usan, se evalúan constantemente a lo largo del proceso e influyen en el contenido del problema, en las actividades y su ritmo de aprendizaje.

En la resolución de problemas, el aprendizaje se desarrolla de forma flexible, lo que conlleva integrar información de múltiples campos de conocimiento. Se desarrolla cuando los individuos son capaces de aplicar su conocimiento en un variedad de situaciones problemáticas diferentes (Kolodner, 1993 en Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2006). Para que este aprendizaje se produzca y para que los alumnos desarrollen esta destreza durante la resolución de problemas hay que proporcionar contextos variados (Perfetto, Bransford & Franks, 1983; Needham & Begg, 1991).

Tanto en las actividades individuales como en las colaborativas (cooperativas) el aprendizaje es autodirigido (Chin & Chia, 2004; Jonassen, 2011; English & Kitsantas, 2013). Es decir, permite el desarrollo de destrezas para el aprendizaje para toda la vida.

Yew, Chng & Schmidt (2011) mantienen la hipótesis de que el aprendizaje durante la resolución de problemas implica aprendizaje autodirigido y colaborativo. Ello supone que los alumnos construyen la siguiente secuencia de habilidades: primero, tienen que ser conscientes de lo que entienden y de lo que no comprenden; en segundo lugar, deben ser capaces de marcarse metas identificando lo que necesitan aprender para la realización de la tarea en la que están inmersos; y, por último, tienen que planificar su aprendizaje y seleccionar las estrategias de aprendizaje adecuadas (Hmelo & Linn, 2000; Zimmerman, 2002), es decir, tienen que decidir qué plan de actuación necesitan para alcanzar los objetivos. Para Bereiter & Scardamalia (1989 en Hmelo-Silver, 2004) cada tarea de resolución de problemas no es un fin en sí mismo sino un medio para conseguir el objetivo de aprendizaje autodirigido.

Los alumnos se autorregulan en su propio aprendizaje, destreza esencial para el aprendizaje efectivo basado en problemas. Los alumnos que se autorregulan son capaces de marcarse objetivos, crear un plan de acción, seleccionar estrategias apropiadas, controlar su avance y autoevaluar su aprendizaje. También están motivados para aprender y ser autosuficientes en el aprendizaje y en su rendimiento (Zimmerman & Kitsantas, 2005). Numerosos estudios proporcionan pruebas de que la autorregulación del aprendizaje de los alumnos favorece su rendimiento académico (Zimmerman & Kitsantas, 1999, 2005; Zimmerman, 2000, 2008, 2013) y que su incapacidad para ello se relaciona con las dificultades de aprendizaje y la baja motivación (Zimmerman & Schunk, 2008; Bembenuity, Cleary & Kitsantas, 2013).

Además, el aprendizaje centrado en resolución de problemas es autorreflexivo, porque ayuda a los alumnos a relacionar el nuevo conocimiento con el conocimiento previo, a que sean conscientes del conocimiento abstracto y que comprendan cómo su aprendizaje y las estrategias para resolver problemas se pueden aplicar de forma diferente (Savery, 2006; Jonassen, 2011). La resolución de problemas incorpora la reflexión varias veces a lo largo del proceso, lo que les ayuda a deducir ideas, a identificar lagunas de conocimientos y a transferir las estrategias para resolver problemas a nuevas situaciones. La reflexión crítica proporciona la base para mejorar, ya que tanto los comentarios positivos como los negativos aportan a otros miembros del grupo información útil para mejorar la resolución de los problemas y su eficacia como colaboradores (Hmelo-Silver, 2004).

El aprendizaje basado en problemas es motivador. Genera una motivación intrínseca, que se produce cuando los alumnos trabajan en una tarea realista y motivada por sus propios intereses. Están más motivados y satisfechos cuando comprueban lo que están aprendiendo y cuando su actividad educativa conlleva tareas significativas (Ferrari & Mahalingham, 1998; Duit & Treagust, 2003).

#### **1.4.1. La resolución de problemas desde la perspectiva constructivista**

Desde la perspectiva constructivista, el conocimiento no se transmite directamente de persona a persona, sino que es el alumno quien tiene que construirlo de forma activa (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994). Estos autores afirman que los alumnos construyen significados a partir de información previa, de modelos que tienen y de la

información nueva que adquieren, y lo hacen estableciendo vínculos entre la nueva información y los conocimientos disponibles. La información y el significado (tanto el nuevo como el previo) se unen a través de modelos o representaciones mentales que facilitan el aprendizaje significativo (Mintzes, Wandersee & Novak, 1998). Posteriormente, el aprendizaje significativo se puede ver comprometido cuando la nueva información y la previa se contraponen por tratarse de concepciones erróneas o concepciones alternativas (Michael, 2006), es decir, de alguna manera se provoca un conflicto cognitivo.

Savery & Duffy (1995) señalan que la concepción del aprendizaje basado en problemas de Barrows (1986) es el principal ejemplo de constructivismo en práctica. La forma de entender el aprendizaje desde el constructivismo implica asumir que:

- El aprendizaje se puede considerar como un proceso de cambio conceptual en el que modelos erróneos o incompletos, las concepciones alternativas, se reelaboran (West & Pine, 1985; Limon & Mason, 2002; Sinatra & Pintrich, 2003).
- El profesor debe ser considerado un facilitador del aprendizaje a través de las transposiciones didácticas, un potenciador del cambio conceptual y un evaluador-investigador de todo el proceso educativo.
- El currículo debe ser contemplado como un conjunto de conocimientos y actividades que permiten desarrollar al alumno sus conocimientos y habilidades, pero no se trata de algo predeterminado e inamovible, sino de una herramienta sometida a crítica, investigación y reflexión empírica (Driver & Oldham, 1986).

Dentro del paraguas del constructivismo Phillips (1997) distingue dos escuelas de pensamiento:

- El constructivismo psicológico, apoyado por el trabajo de Piaget (1977), que se centra en la creación de significados para un individuo dentro de un contexto de grupo. Es decir, el individuo es la unidad de análisis sobre la cual se construye el conocimiento.
- El constructivismo social, más relacionado con el trabajo de Vygotsky (1978), apoya la idea de que el aprendizaje se produce en grupo a través del discurso con otros miembros (Savin-Baden & Major, 2004). Ahora es el grupo la unidad de análisis sobre la que se construyen los conocimientos. Las construcciones individuales se transforman como resultado de la interacción del grupo y el contexto social en el que se crea el significado.

En base a estas distinciones, existe un debate acerca de qué tipo de constructivismo (psicológico o social) contribuye más al aprendizaje del alumno en los métodos de enseñanza-aprendizaje por resolución de problemas. En general, se alega que el aprendizaje a través de problemas es una combinación de ambos. Este punto de vista lo apoyan Yew, Chng & Schmidt (2011), al mantener la hipótesis de que el aprendizaje durante la resolución de problemas implica aprendizaje autodirigido y colaborativo.

Por tanto, la resolución de problemas engloba los principios esenciales del aprendizaje desde la perspectiva constructivista (Savery & Duffy, 2001). En este sentido, la presente investigación pretende favorecer la construcción de conocimiento científico y el cambio conceptual de las concepciones alternativas del alumnado a través de una metodología indagativa de resolución de problemas verdaderos, en grupos cooperativos, como es la MRPI.

### **1.4.2. El cambio conceptual**

Las “concepciones alternativas” (concepto que en este estudio es sinónimo de otros como ideas previas, esquemas alternativos, errores conceptuales, miniteorías, ciencia de los alumnos, etc., aunque cada uno de ellos tiene sus respectivos matices según los autores) son las representaciones que utilizan las personas para explicar y predecir hechos o fenómenos de la realidad físico-natural (Driver & Oldham, 1986), pero cuyo principal escollo es que no son consideradas ideas correctas a la luz de los conocimientos científicos actuales. Las concepciones alternativas de los alumnos tienen unas características comunes que permiten su análisis, comprensión y aprovechamiento por los profesionales de la educación para su trabajo diario y son (Driver & Oldham, 1986; Driver, 1988; Driver, Guesne & Tiberghien, 1989):

- Se originan por experiencias personales (la propia percepción, el lenguaje, el contexto cultural, etc.), aunque se construyen en sociedad, y tienen un carácter intuitivo e implícito.
- Son coherentes para las personas e incoherentes desde el punto de vista de la ciencia.
- Son comunes y compartidas entre los estudiantes de diferentes medios y edades,
- Se pueden clasificar en pocas categorías en cada área de conocimiento, es decir, están relacionadas con contextos específicos.
- Son útiles para las personas para desenvolverse en su entorno.
- Se basan en un razonamiento causal lineal y en el manejo de un lenguaje impreciso e indiferenciado.
- Suelen coincidir con ideas que aparecen a lo largo de la historia de la ciencia.
- Son muy estables y resistentes al cambio, persistiendo después de su tratamiento en las aulas.

Se sabe que estas concepciones vienen determinadas por la propia percepción del individuo (origen sensorial), por la influencia del entorno social por medio del lenguaje, los medios de comunicación, etc. (origen cultural) y por la propia influencia del entorno



educativo como los libros de texto, las explicaciones del profesor, etc. (origen escolar) (Pozo & Gómez Crespo, 1998).

Todos los sujetos, no sólo los alumnos, poseen concepciones alternativas sobre diversos campos cotidianos y científicos que influyen en la forma que tienen de comprender el mundo y en la forma de construir nuevos conocimientos. Han sido ampliamente estudiadas, desde los años ochenta del siglo pasado, por un importante sector de los investigadores en Didáctica de las Ciencias. Se admite que los estudiantes antes de entrar a la escuela y durante su estancia en el sistema educativo desarrollan ideas y creencias sobre el mundo que les permite explicar su funcionamiento (Driver, Guesne & Tiberghien, 1989; Pozo & Gómez Crespo, 1998; Sanmartí, 2002.). Pero además a estas concepciones se les reconoce gran importancia en el desarrollo educativo del alumno por la forma en que lo condicionan, ya que sirven de base para el aprendizaje de conocimientos nuevos.

Giordán (1987) ya comentaba que la evolución de los conceptos adquiridos por los alumnos es lenta, necesita mucho tiempo, detenerse en muchos puntos y modificar al mismo tiempo algunos conceptos (las concepciones alternativas) que dan sentido a los nuevos que se quiere aprender. Es decir, el cambio conceptual no es fácil, además de la reestructuración de esquemas en función de los conocimientos, ideas o creencias a las que afecte, requiere de circunstancias favorables (estrategias o recursos adecuados, clima de aula, motivación, etc.). Esto se corrobora con las conclusiones de Driver (1988) de que la observación por los alumnos de los experimentos y evidencias en sí mismos no explican los fenómenos, lo que lleva a concluir como aseguran Pozo & Gómez Crespo (1998) que no son los nuevos conocimientos los que modifican las concepciones alternativas cuando ambos interaccionan, sino que en su interacción son las concepciones alternativas las que condicionarán la interpretación de los nuevos conocimientos. Esto lleva a sugerir que para que se produzca el cambio conceptual (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982; Vosniadou, 1994) se debe prestar atención prioritaria a aquellas concepciones alternativas que puedan dificultar la construcción de los nuevos conocimientos, es decir, no todas las concepciones alternativas son igual de potentes a la hora de estructurar otras ideas, serán aquellas más complejas, funcionales, persistentes, etc., el objetivo principal para el cambio conceptual.

Según los autores de la primera teoría sobre el cambio conceptual (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982) para que se produzca este cambio por acomodación, el verdadero cambio conceptual, se necesitan las siguientes condiciones:

- El alumno debe estar insatisfecho con sus concepciones alternativas, por no resultarles útiles, y comprender la necesidad de cambiarlas por nuevas ideas más provechosas.
- Las nuevas concepciones deben ser inteligibles, los alumnos deben comprender y reconocer sus términos o sus símbolos de forma coherente, para que pueda extraer todo su significado a la forma en que se les presentan. Posteriormente, deben poder utilizarlas con sus propias palabras en sus argumentaciones.

- Estas nuevas ideas deben ser verosímiles y plausibles, deben ser consistentes con las previas, no entrando en contradicción con su propia experiencia o con las ideas anteriores y puedan incluirse en su estructura de conocimiento.
- Además deben ser fructíferas, para que le sirvan al alumno para resolver nuevos problemas y ampliar su campo de conocimiento.

El proceso de cambio conceptual también puede que requiera la construcción por el alumno de esquemas alternativos, todavía alejados de los esquemas científicos aceptados, pero que sean razonables y útiles a su nueva situación. Estos esquemas alternativos intermedios serían los "modelos escolares" (Pozo & Gómez Crespo, 1998), diferentes a los "modelos cotidianos" y a los "modelos científicos". Esquemas que, aunque incompletos o no totalmente aceptados, construye el alumno por medio de las transposiciones didácticas del docente y le sirven para interpretar el mundo en función de sus posibilidades. Es decir, el cambio conceptual es un continuo, una aproximación sucesiva a las ideas científicas.

Pero también existen algunas posturas opuestas a la relevancia de este tipo de ideas y de la investigación que sobre ellas se realiza. Una de las críticas que se le plantea a este campo de estudio es hasta qué punto lo que el alumno expresa (verbaliza, escribe, dibuja, etc.) en un momento determinado se corresponde con lo que realmente piensa. Pues no es en absoluto ilógico creer, ya que a todas las personas les ocurre, que sus respuestas estén condicionadas por múltiples factores (lo que cree que el profesor espera que responda, lo que cree que sus respuestas pueden repercutir en una evaluación o calificación posterior, su autoestima y miedo al ridículo o al fracaso, el clima de aula, el tipo de profesor, el área de conocimiento en que se encuentra, etc.). Además, como opina Sanmartí (2002), al analizar las pruebas que tratan de recoger esta información también hay que evitar caer en la trampa de dar más importancia a los errores que a las ideas o intuiciones interesantes que tienen los alumnos y a confundir lo que no recuerdan en el momento de la prueba con lo que no saben.

Otro aspecto a considerar en el cambio conceptual es el que indican Duit & Treagust (2003), haciendo referencia a otros autores (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982; Sinatra & Pintrich, 2003), relacionado con la importancia que pueden llegar a tener los factores afectivos sobre el cambio conceptual. Entre estos factores se encontrarían el establecimiento de ambientes de aprendizaje propicios, el aprendizaje en grupo y la sensación de autoeficacia, así como los objetivos, las intenciones, los propósitos, las expectativas y las necesidades de los individuos. Es decir, las influencias sociales y las motivaciones personales de los alumnos contribuyen a que se involucren en las actividades de aprendizaje. De hecho, dicen que los profesores que ignoran esos aspectos sociales y afectivos del aprendizaje personal y grupal pueden limitar el cambio conceptual.

Según todo lo expuesto sobre el cambio conceptual y las concepciones alternativas, en la presente investigación se ha realizado un análisis de las concepciones alternativas existentes en la bibliografía y relacionadas con los contenidos de ecología que se abordan en la UD "Materia y Energía en los Ecosistemas". Los resultados se recogen en la Tabla 24 (Anexo I).

### **1.4.3. El aprendizaje en grupos cooperativos de alumnos**

El trabajo en equipo es importante para asumir el carácter colectivo de consenso de toda investigación científica. Además, la cooperación permite que la interacción entre iguales genere conflictos sociocognitivos confrontando sus puntos de vista, parcialmente divergentes, acerca de la tarea propuesta y mejore de esta forma su aprendizaje (Perret-Clemont, 1981). En términos de la teoría de la zona de desarrollo próximo de Vigotsky (1978), un estudiante puede superar su nivel de desarrollo real si hay mediadores entre él y el objeto de conocimiento. Esta mejora es mayor si el trabajo en grupo va acompañado de la necesidad de comunicar los resultados de las tareas al resto de los compañeros.

La cooperación es un proceso de aprendizaje y un resultado del mismo, es decir, los alumnos aprenden por medio de la elaboración y transmisión de los conocimientos, además de desarrollar destrezas de cooperación para trabajar en equipos (Amos, 1998).

En las investigaciones al respecto, se han identificado ventajas del aprendizaje cooperativo (Hmelo-Silver & Barrows, 2006) como son las de:

- Compartir las tareas propuestas.
- Aprender desde múltiples perspectivas.
- Distribuir la carga cognitiva.
- Tener la capacidad de negociar el aprendizaje compartido.
- Desarrollar destrezas sociales.

Con esta forma de trabajar se pretende generar capacidades en el alumnado de gran importancia como las de aplicar, analizar, sintetizar y evaluar el material para poder desarrollar habilidades de pensamiento crítico como equipo (Tanenbaum & Tilson, 1998 en Remedios, Clarke & Hawthorne, 2008).

En este sentido, el trabajo en grupos cooperativos desde la perspectiva socioconstructivista es inherente al aprendizaje basado en problemas. Así, se hace hincapié en cómo al abordar la resolución de problemas en grupo se estimula la interacción social y la cooperación que promueven el aprendizaje. Es decir, se debe potenciar la creación de contextos de aula interdisciplinarios por la influencia que tendrán en el aprendizaje individual.

El aprendizaje cooperativo proporciona un sentido de pertenencia, la oportunidad de explicar y resumir lo que se está aprendiendo, permite compartir modelos mentales, favorece la creación de modelos sociales y el respeto, fomenta el pensamiento divergente y la retroalimentación interpersonal para el aprendizaje académico, incluso, potencia el uso de la tecnología (Johnson & Johnson, 2008), es decir, durante el proceso

de resolución de problemas, las perspectivas de los miembros del equipo se enriquecen y hacen más complejas (Kelson & Distlehorst, 2000).

En el aprendizaje basado en problemas, los alumnos trabajan para conseguir tres objetivos comunes respecto al trabajo cooperativo (Kelson & Distlehorst, 2000):

- El aprendizaje de sus destrezas, individuales y grupales.
- La resolución de los problemas.
- El aprendizaje de los conocimientos de forma individual.

Como dice Azer (2001), cada miembro del grupo está obligado a participar, compartiendo sus conocimientos, sus razonamientos e investigación. Así cada componente está expuesto a múltiples puntos de vista que les proporcionan oportunidades para que sus ideas se amplíen (Tanenbaum & Tilson, 1998). Como cada individuo se centra en la resolución del problema se enriquecen los unos a los otros (Kelson & Distlehorst, 2000). Es decir, el trabajo en grupo permite una comprensión mayor del problema (Remedios, Clarke & Hawthorne, 2008). Al funcionar el grupo como un todo, un cambio en el estado de conocimiento en cualquier miembro o subgrupo generará un cambio en los conocimientos de todos los miembros del mismo (Smith, Sheppard, Johnson & Johnson, 2005). También se pone de manifiesto que los alumnos reconocen la escucha y el intercambio de opiniones como factores claves para la cooperación (Remedios, Clarke & Hawthorne, 2008).

Algunos estudios sobre enseñanza de la Física demuestran que los alumnos construyen mejores soluciones a los problemas cuando trabajan de forma cooperativa que cuando lo hacen de forma individualizada (Heller, Keith & Anderson, 1992). En asignaturas de Química los alumnos que trabajan en grupos cooperativos muestran una mayor retención de los conocimientos y obtienen calificaciones más altas en las evaluaciones que aquellos alumnos que aprenden en contextos tradicionales o convencionales (Dougherty, Bower, Berger, Rees, Mellon & Pulliam, 1995).

Por todo ello, este tipo de aprendizaje cooperativo debe ser fomentado y potenciado por el profesor en cualquier metodología indagativa para facilitar una negociación dentro de los grupos que sea efectiva, pero los profesores tienen que tener muy claro qué tipo de comportamientos de los alumnos y ambiente de aula quieren potenciar para facilitar el proceso. Por supuesto, estos profesores deberían estar bien formados en este tipo de estructuras en grupos de alumnos en el aula para generar entornos de clase hábiles y útiles que potencien la motivación de los estudiantes y que pueden ser aplicadas a diferentes campos de conocimiento (Kagan, 1980).

Una vez caracterizado el aprendizaje basado en problemas, a continuación se profundiza en el componente del proceso educativo relacionado con la enseñanza de los alumnos a través de metodologías de resolución de problemas.

## **1.5. Metodologías de enseñanza basadas en la resolución de problemas**

Según lo comentado anteriormente, aunque en la educación basada en problemas el foco de atención es el alumno, además deben contemplarse algunas características relacionadas con la enseñanza mediante la resolución de problemas para su implementación en las aulas.

En estos métodos de enseñanza, el currículo se centra en problemas y en su resolución (Hmelo-Silver, 2004; Savery, 2006; Jonassen & Hung, 2008; Jonassen, 2011). Los problemas que se presenten a los alumnos deben basarse en escenarios reales, es decir, han de ser auténticos y contextualizados (Barrows, 2002), además, deben ser interdisciplinarios y transversales para que investiguen diferentes materias para intentar solucionarlos (Barrows, 1986). Es necesario que sean mal estructurados para que generen múltiples ideas sobre la causa del problema y sobre cómo resolverlo (Barrows, 2002). Tales problemas pueden que no tengan una única respuesta correcta y que haya que animar a los alumnos a explorar las posibles soluciones (Hmelo-Silver & Barrows, 2006).

Durante la resolución de problemas se integra la teoría y la práctica, porque se fomenta un aprendizaje que permite la aplicación y, fundamentalmente, la construcción de conocimientos, así como el desarrollo de destrezas de resolución de problemas (Collins, Brown & Newman, 1989; Kolodner, Hmelo & Narayanan, 1996; Hmelo & Ferrari 1997; Hmelo-Silver, 2004; Jonassen, 2011).

Precisa de un profesor que facilite el proceso de aprendizaje (Hmelo-Silver, 2004; Savery, 2006; Chin & Chia, 2006; Ge, Planas & Er, 2010; Jonassen, 2011) más que de uno que transmita y proporcione el conocimiento ya elaborado. Este profesor da algunas instrucciones directas, a menudo cuando el alumno necesita información durante el proceso de resolución. Su papel es más el de un alumno experto que el de un experto del contenido. Al principio guía y supervisa al alumno y poco a poco ellos adoptan muchos de los roles del profesor facilitador. La supervisión asegura que todos los alumnos se involucren en las diferentes fases de la resolución del problema y les ayuda a expresar sus propias ideas y a comentar las de otros (Koschmann, Myers, Feltovich & Barrows, 1994; Hmelo-Silver, 2002). El profesor guía el desarrollo de las destrezas de razonamiento al animarles a justificar sus opiniones y fomenta la autorreflexión preguntándoles. El grado de guía depende del nivel educativo (Barrows, 2002) pero, en general, no imparten clases magistrales (Hmelo-Silver & Barrows, 2006).

Kemp (2011) enfatiza la importancia de comprender las bases del constructivismo del aprendizaje basado en problemas, porque permite que los profesores reflexionen sobre los objetivos de la docencia, sobre cómo se tiene que organizar el aula y las estrategias y métodos pedagógicos que tienen que adoptar para favorecer el aprendizaje. Es decir, la enseñanza basada en problemas va a depender de una combinación de la actividad del alumno, del ambiente de aprendizaje, la exposición a otros por medio de interacciones sociales, y el bagaje, objetivos y expectativas del alumno.

En concreto, Savery & Duffy (1995) ponen de manifiesto un conjunto de principios de instrucción que surgen del constructivismo y que son apoyados por el ambiente de

aprendizaje que genera la resolución de problemas. Estos principios incluyen una serie de actividades de enseñanza ancladas a una tarea más amplia, el diseño de una tarea auténtica que refleje la complejidad de la realidad para la que se prepara a los alumnos y el apoyo al alumno para que se apropie del proceso de resolución. La situación de aprendizaje debería suponer un reto para las habilidades de razonamiento en el alumno y, además, debería proporcionar puntos de vista alternativos y oportunidades para la reflexión.

Desde el punto de vista metodológico, el proceso seguido por los estudiantes en el aula, generalmente, incluye:

- Una primera sesión que comienza planteando un problema complejo sobre el que se facilita poca información (Barrows, 2000).
- Los alumnos continúan con el proceso de resolución que empieza con la formulación y el análisis del problema identificando sus hechos relevantes, lo que les ayuda a representarlo. Una parte importante de este proceso es identificar sus deficiencias o limitaciones en cuanto a los conocimientos a que se refiere el problema, determinándose así los contenidos de aprendizaje que deben construir durante su aprendizaje autodirigido.
- Después de considerar el problema investigan de forma independiente. Una vez entendido, generan hipótesis sobre posibles soluciones al problema.
- Posteriormente se reúnen, en grupos cooperativos de 5 a 8 alumnos, para compartir y consensuar lo que han reflexionado previamente.
- Durante todo el proceso de resolución, los alumnos formulan preguntas al profesor-facilitador para obtener información adicional, también recaban datos a través de la experimentación o de otro tipo de búsqueda o investigación (Torp & Sage, 2002). Según el criterio del profesor, se les proporciona sugerencias más que información elaborada.
- Los alumnos aplican su nuevo conocimiento y evalúan la hipótesis en base a lo que han aprendido (Hmelo-Silver, 2004). Las reconsideran y/o generan nuevas hipótesis según los nuevos conocimientos.
- Luego comunican de forma escrita y oral sus hallazgos al resto de sus compañeros y al profesor (aproximadamente en una semana).
- Cuando completan la tarea, reflexionan para extraer lo que han aprendido sobre el problema, así como sobre su proceso de aprendizaje y la relevancia de la cooperación que han utilizado para resolverlo. Es decir, durante todo el proceso de resolución del problema, “se aprende” (Lehman, George, Buchanan & Rush, 2006).

En realidad, no son metodologías de resolución de problemas todo lo que parece, pues muchas prácticas así llamadas pueden no obtener los resultados de aprendizaje

esperados debido a diferentes razones como: la poca implicación del profesorado, el inadecuado diseño, la ausencia de elaboración y renovación de los recursos para el aprendizaje, los métodos de evaluación incoherentes con la metodología empleada, etc (Savery, 2006).

Además, estas metodologías son entendidas de diferentes maneras (White, 2000) y se ha reconocido que en sí mismas pueden mostrar diferentes formas (Walker & Leary, 2009). En un esfuerzo por clasificar y diferenciar los distintos métodos de resolución de problemas, Barrows creó una taxonomía (1986) que ponía de relieve lo que él llamó diferencias de calidad entre los diferentes enfoques. Sus categorías estaban relacionadas con los siguientes objetivos educativos que se adaptan a un contexto más amplio que el de la educación médica en la que se desarrollaron inicialmente (Walker & Leary, 2009):

- Estructurar el conocimiento, de todo tipo, de manera que facilite la resolución de los problemas.
- Practicar el proceso de razonamiento para la resolución de problemas.
- Desarrollar destrezas de aprendizaje autodirigidas.
- Incrementar la motivación por el aprendizaje.

Estos objetivos educativos, que se tienen que conseguir, se deberían observar en los resultados de aprendizaje, no sólo en la resolución de problemas. Esta taxonomía se centra en investigar la cantidad de estos objetivos que facilita cada método de resolución de problemas. Según Walker & Leary (2009) los métodos se caracterizan por:

- La complejidad de los problemas.
- Si se trata de un aprendizaje centrado en el alumno o en el profesor.
- El orden del problema, caso y presentación de información.

El éxito de estas metodologías suele depender de la selección de los problemas y de la guía del profesor. De hecho, requieren de una formación del profesorado, porque no sólo es importante qué hacer con el alumnado, sino enseñar al profesorado a cómo hacerlo (White, 2000). Las creencias y percepciones de los profesores permiten predecir si probarían estos métodos o no, pero suelen tener ideas muy arraigadas contra las que es difícil lidiar.

En este sentido, estas ideas ya han sido destacadas por varios investigadores (Lehman, George, Buchanan & Rush, 2006) que hacen referencia a la importancia de preparar al profesorado para el manejo de problemas de ciencias para la indagación, facilitándoles experiencias de este tipo en las aulas y posibilitando la reflexión sobre ellas (Opfer & Pedder, 2011).

Para esta investigación, se ha asumido como método de resolución de problemas la metodología MRPI que está aportando resultados positivos en el campo de la Didáctica de las Ciencias Experimentales para la educación científica de los estudiantes.

### **1.5.1. Metodología de resolución de problemas por investigación (MRPI)**

De las diferentes formas de enseñanza basada en problemas, en esta investigación se adopta la Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI) para la resolución de problemas abiertos, que cumple todos los requisitos propios de los métodos indagativos (Inquiry-Based Science Education, IBSE).

La Metodología de Resolución de Problemas como Investigación, modelo originario de la Universidad de Valencia (Gil & Martínez-Torregrosa, 1986), se presenta como una estrategia metodológica capaz de potenciar en los estudiantes un aprendizaje más flexible, eficaz y autónomo (Martínez Aznar & Ibáñez, 2003). Sus fundamentos, que se pueden encontrar en autores como Bunge, Khun, Chalmers, etc., son:

- Rechazo de la idea de método científico como un conjunto rígido de reglas aplicables mecánicamente;
- Superación del empirismo científico, dando más importancia al papel del paradigma teórico;
- Consideración de los problemas científicos como situaciones problemáticas, donde el papel de los científicos es definir y acotar el problema;
- Los científicos, cuando resuelven los problemas, no razonan en términos de certezas sino en términos de hipótesis;
- Los investigadores no parten de datos, generalmente, sino que se buscan desde las hipótesis iniciales y desde las estrategias de resolución;
- En el trabajo científico se cuestionan los resultados obtenidos, se hacen revisiones sistemáticas del proceso de resolución y se comprueba la coherencia de los resultados con las hipótesis iniciales; y
- El desarrollo científico tiene un carácter social y colectivo. La investigación se realiza dentro de instituciones y es controlada, en parte, por la sociedad y los gobiernos (Gil & Martínez-Torregrosa, 1983).

Según dichas consideraciones, se requiere una serie de premisas a tener en cuenta para este tipo de situaciones problemáticas abiertas y sus estrategias de resolución:

- Los problemas a los que se expone a los alumnos deben ser de enunciado abierto, sin incluir datos, para que ellos tengan que acotar el problema y se favorezca así su análisis cualitativo.
- Los problemas deben fomentar la creatividad de los alumnos.



- El aprendizaje debe concebirse como un cambio conceptual.
- La formulación de hipótesis es esencial en el proceso de investigación.
- El trabajo de resolución de problemas debe ser un trabajo en grupo, simulando equipos de investigación liderado por el profesor, donde la comunicación y la verbalización tienen una gran importancia.

La validez de esta metodología está aceptada y comprobada en el campo de la Didáctica de las Ciencias Experimentales como lo demuestran los múltiples estudios realizados al efecto (Gil & Martínez-Torregrosa, 1983 y 1986; Gil & Carrascosa, 1985; Ramírez, Gil & Martínez-Torregrosa, 1994). Dentro del campo de investigación, en todos los casos se han recogido buenos resultados en cuanto al aprendizaje de conceptos por cambio conceptual, procedimientos y actitudes conseguidos por los alumnos, en diferentes asignaturas como Física (Varela, 1994; Martínez Aznar & Varela, 1996 y 1997; Varela & Martínez Aznar, 1997), Química (Martínez Aznar & Ovejero, 1997; Bárcena, 2015), Biología (Ibáñez, 2003; Ibáñez & Martínez Aznar, 2005 y 2007; Martínez Aznar & Ibáñez, 2006), Geología (Rosa Novalbos & Martínez Aznar, 2014a) y en el Ámbito Científico-Tecnológico de diversificación curricular (Boyano, 2000; Martínez Aznar & Bárcena, 2013; Pavón & Martínez Aznar, 2014).

Su implementación en el aula requiere la familiarización o entrenamiento previo de los alumnos y del propio profesor para afrontar la resolución de las situaciones problemáticas de enunciado abierto, ya sea de forma teórica o experimental. La MRPI se compone de cinco fases que se presentan en forma de secuencia como orientación para la resolución de los problemas, pero que no se deben entender de forma rígida y consecutiva, sino cíclica (Martínez & Ibáñez, 2005):

- 1. Análisis cualitativo del problema.** Incluye revisar el marco teórico de referencia del problema, así como las concepciones alternativas relacionadas. Aquí se reflexiona sobre los contenidos conceptuales relacionados con el problema y los que se necesitan para la resolución. El problema se debe delimitar reformulándolo para que sea más manejable y, por último, se deben contemplar las restricciones que posibilitan continuar el proceso de resolución.
- 2. Emisión de hipótesis.** En base al análisis realizado, se generan suposiciones o conjeturas que guían las siguientes fases y permiten, al final de todo el proceso, analizar las posibles soluciones en función de dichas hipótesis.
- 3. Diseño de estrategias de resolución.** La organización y planificación de estrategias trata de comprobar la validez de las hipótesis. Se reconocen las variables (independientes, dependientes y de control), las magnitudes que se van a medir y los materiales que se van a tener en cuenta. Se debe decidir todo lo necesario para la resolución del problema de forma flexible, e incluso se pueden diseñar varias estrategias de resolución.

**4. Resolución del problema.** Se realiza la investigación siguiendo el plan trazado en la fase anterior para obtener datos necesarios para su posterior análisis, que permitan llegar a la resolución del problema.

**5. Análisis de resultados.** A partir de los datos recogidos, de su relevancia y de las regularidades observadas se extraen las conclusiones en base a las hipótesis y al marco teórico de referencia. Estas conclusiones pueden derivar en nuevos problemas, de forma semejante a lo que sucede en la investigación científica.

Como puede observarse, estas fases se corresponden con las habilidades y destrezas propias de la competencia científica (MECD, 2015), que desde este momento se denominarán indistintamente como dimensiones competenciales (DC).

La importancia del aprendizaje y guía de cada una de estas fase de la MRPI las ponen de manifiesto English & Kitsantas (2013). Para su aplicación y efectividad es importante emplear un conjunto de situaciones problemáticas que estén relacionadas con lo cotidiano, es decir, que estén constextualizadas, ya que es conocido que no todo problema escolar puede considerarse como tal y no ser relevante para los alumnos.

Se trata de que los alumnos pongan en juego sus conocimientos, los organicen, complementen o confronten con información relevante obtenida de otras fuentes mediante un proceso de investigación. Proceso que, para algunos alumnos, puede hacer su actividad educativa más útil, amena y divertida, aunque no se trata de hacer más divertidas las clases sino de favorecer el aprendizaje del alumnado. Además esta metodología permite al alumnado ver lo que aprende, ver su propio avance. Esta metodología obligaría al alumnado a: *“... participar de algún modo en el proceso de elaboración del conocimiento científico, con sus dudas e incertidumbres, lo cual requiere de ellos también una forma de abordar el aprendizaje como un proceso constructivo, de búsqueda de significados e interpretación, en lugar de reducir el aprendizaje a un proceso repetitivo o reproductivo de conocimientos precocinados, listos para el consumo”* (Pozo & Gómez Crespo, 1998, p.25).

Esta metodología, como ya se ha comentado, favorece el cambio conceptual de las concepciones alternativas de los alumnos y el aprendizaje de un conjunto de habilidades y conocimientos de procedimientos propios del trabajo científico que se consideran esenciales para desenvolverse en la sociedad actual y en especial en el mundo laboral. Además, evita las visiones o concepciones deformadas de la ciencia que más comúnmente se han transmitido a través de la enseñanza.

No obstante, los requerimientos en cuanto al entrenamiento previo y gestión del trabajo previo cooperativo, virtudes de esta metodología MRPI, son utilizados como argumentos por otros profesionales en contra de su empleo en las aulas, ya sea, por la falta de tiempo para dar el temario, el exceso de contenido en los temarios, su rigidez, la dificultad en la gestión del aula, la falta de materiales, etc., todos ellos argumentos propios de profesores asentados en lo que se podría llamar modelo didáctico transmisivo-receptivo (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz & Praia, 2002). Es decir, estos tipos de metodologías indagativas, como la MRPI, sólo podrían ser implementadas por profesores cuyas creencias estén ligadas a modelos didácticos constructivistas.

Por todo lo expuesto, la MRPI se considera una metodología idónea para la educación científica (Ibáñez, 2003).

### **1.5.2. Resultados de investigaciones sobre metodologías basadas en la resolución de problemas**

De acuerdo con el origen de las metodologías basadas en la resolución de problemas, la mayor parte de su implementación e investigación se ha centrado en alumnos de estudios universitarios de medicina con la intención de fomentar el aprendizaje independiente y mejorar la resolución de los problemas reales (Barrows, 1996). Posteriormente se aplicó a diferentes ciencias de la salud (enfermería, podología, etc.) y se fue extendiendo a otros campos, generalmente en etapas universitarias, encontrándose estudios en arquitectura, administración de negocios, ingenierías, derecho, enfermería, trabajo social y en la docencia. Moust, van Berkel & Schmidt (2005) también enumeran estudios en biología, geología, bioquímica, química, cálculo, economía, psicología, psicología educativa, física, historia del arte, derecho penal, dietética y nutrición, etc. No obstante, las investigaciones son escasas en todas las áreas, excepto en medicina.

A partir de la revisión bibliográfica realizada para esta investigación, los resultados se van a diferenciar entre los metaanálisis elaborados por algunos autores y otras investigaciones que no están incluidas en los mismos.

Así, se han realizado diferentes metaanálisis revisando las distintas investigaciones en el campo de la enseñanza basada en la resolución de problemas, de los que se extraen conclusiones de interés, aunque suelen ser muy genéricas, vagas y centradas en universitarios, generalmente del campo de la medicina. Hay pocos estudios empíricos dirigidos a qué aprenden los alumnos y cómo lo hacen y existe escasa investigación que se centre directamente en la motivación de los estudiantes que es una de las principales ventajas de estos métodos indagativos. En su lugar, la investigación se ha centrado en el nivel de satisfacción o confianza del alumno (Hmelo-Silver, 2004).

Respecto a la adquisición de los conocimientos básicos y a su aplicación se han realizado diferentes revisiones de estudios principalmente en el campo de la medicina, como el de Albanese & Mitchell (1993) analizando las investigaciones entre 1972 y 1992, el de Vernon & Blake (1993) que hacen una revisión desde 1970 a 1992, y el de Dochy, Segers, van den Bossche & Gijbels (2003) que estudian 43 investigaciones entre 1993 y 2003. Todos ellos obtienen conclusiones similares. Los alumnos que han trabajado con metodologías de resolución de problemas, respecto a los que lo hacen con métodos tradicionales, alcanzan mejores resultados en la adquisición del conocimiento clínico y su razonamiento para los problemas reales, mientras que la adquisición de los conocimientos básicos de ciencias es a favor de los alumnos incluidos en currículos tradicionales.

También hay investigadores como McParland, Noble & Livingstone (2004) en sus estudios con universitarios de psiquiatría, que obtienen resultados más favorables en los

alumnos que trabajan con resolución de problemas respecto a la adquisición del conocimiento básico, a su aplicación y a las destrezas de razonamiento.

En el metaanálisis realizado por Belland, French & Ertmer (2009) se analizaron 33 estudios (desde 1976) de experiencias educativas mediante resolución de problemas de medicina, principalmente, y de otros campos (uno de enfermería, otro de podología, dos sobre negocios, dos sobre alumnos de secundaria de altas capacidades en ciencias, uno de ciencias en educación secundaria y otro a nivel de escuela elemental). Estos autores analizaron la fiabilidad y la validez de las investigaciones en torno al aprendizaje significativo de contenidos, al aumento de la habilidad para resolver problemas y al aumento de un aprendizaje autodirigido. Entre sus conclusiones, en relación a los estudios de medicina, recogen que los alumnos que trabajaron con metodologías basadas en resolución de problemas obtienen mejores resultados académicos en los exámenes nacionales que los que lo hicieron con métodos tradicionales, en tareas de aplicación del conocimiento real a preguntas abiertas, en la comprensión que permite relacionar conceptos y, además, recordaban los contenidos a largo plazo. Pero opinan que los resultados de estas investigaciones no son muy concluyentes, porque proporcionan información insuficiente para valorar de forma positiva la validez o la fiabilidad del método empleado, debido a que algunos de ellos no incluyen los contenidos que se trabajan o los criterios a tener en cuenta en su evaluación, poseen carencias en los razonamientos que les llevan a realizar las valoraciones que se ajusten a lo que se pretende medir, y faltan otras informaciones que se consideran necesarias para dar validez a las interpretaciones que hacen los diferentes autores. Es decir, reivindican la necesidad de mayor rigurosidad a la hora de identificar las metodologías de resolución de problemas, así como los contextos en que se desarrollan, instrumentos utilizados, contenidos abordados, etc.

Walker & Leary (2009), en otro metaanálisis de estudios de medicina junto con otras disciplinas, concluyen que los alumnos que han trabajado con metodologías de resolución de problemas aprenden los contenidos igual que los que trabajan con métodos tradicionales, pero desarrollan mejores estrategias de razonamiento, a largo plazo y lo aplican mejor a problemas abiertos. Los alumnos normalmente obtienen peores resultados respecto al rendimiento en las disciplinas de ciencias, ingeniería y medicina, mientras que los más favorables se consiguen en ciencias sociales, negocios, salud y otras disciplinas. No obstante, destacan que en todas ellas surgían dificultades en las investigaciones en relación a averiguar el rendimiento en las estrategias de resolución y en el diseño de problemas.

En relación a la persistencia en el tiempo de los conocimientos adquiridos, una revisión de estudios realizada por Strobel & van Barneveld (2009) pone de manifiesto que los alumnos que han trabajado en resolución de problemas retienen mejor el conocimiento, especialmente los esenciales, y de forma más duradera que los estudiantes que llevan un currículo tradicional. También desarrollan mayor satisfacción entre los profesores y los alumnos. Sin embargo, los alumnos que han trabajado con métodos tradicionales son más eficaces en la retención de conocimientos a corto plazo.

Respecto al desarrollo de destrezas para la resolución de problemas, varios estudios ponen de manifiesto que los currículos que trabajan con metodologías de resolución de

problemas favorecen el desarrollo de estas destrezas en los alumnos, analizando mejor los problemas que los alumnos de metodologías tradicionales y aplicando mejor dichas destrezas a las situaciones reales. Estos resultados se obtienen con médicos de urgencias residentes (Patel, Groen & Norman, 1991; Kuhn, 1998), alumnos de secundaria de altas capacidades (Gallagher, Stepien & Rosenthal, 1992, en Hung, Jonassen & Liu, 2008), universitarios de ingeniería (Polanco, Calderón & Delgado, 2004), universitarios de odontología (Lohman & Finkelstein, 1999) y universitarios de ingeniería química (Wood, 1996).

Es interesante también la revisión realizada por Taconis, Ferguson-Hessler & Broekkamp (2001), en todas las disciplinas y niveles educativos, de los resultados de investigaciones realizadas entre 1985 y 1998 sobre enseñanza basada en problemas para identificar las estrategias de resolución más eficaces. Ellos concluyen que se obtienen los mejores resultados en el aprendizaje cuando las estrategias y los procedimientos de resolución no se trabajan aisladamente y se estimula la construcción de conocimientos básicos adecuados, así como cuando se incluyen procesos de retroalimentación, la reflexión en grupo y se realizan puestas en común entre los alumnos en relación a sus aprendizajes y resultados.

En general y a modo de síntesis, hay consenso en que los currículos basados en resolución de problemas proporcionan a los alumnos una mejor capacidad para aplicar los conocimientos y destrezas de razonamiento que los currículos tradicionales, pero sus resultados en la adquisición del conocimiento básico es inferior a los del método tradicional. No obstante, la retención de los aprendizajes a largo plazo es mayor en los alumnos que trabajan con resolución de problemas.

Como se desprende de lo expuesto hasta ahora, los estudios en relación a la educación secundaria son mucho más escasos. En EEUU, Barrows & Kelson (1993) desarrollaron currículos de enseñanza basados en problemas, para todas las asignaturas básicas de la educación secundaria, así como para la formación del profesorado. Los resultados pusieron de manifiesto su eficacia en diferentes materias (matemáticas, ciencias, literatura, historia y microeconomía) independientemente del nivel educativo y el área en que se implementasen (urbana, suburbana o rural).

Ya en el ámbito concreto de esta investigación, Chin & Chia (2006) investigaron las destrezas en resolución de problemas abiertos, los aspectos motivacionales y la autorregulación del aprendizaje en estudiantes de Biología de 13-15 años. Los autores encontraron que los alumnos tuvieron dificultades iniciales para analizar los problemas, pero la práctica y el trabajo en equipo les permitieron mejorar su capacidad para formular problemas significativos y motivadores. También les estimuló en la búsqueda de los pasos a seguir para realizar las investigaciones de una forma más independiente, creativa e interdisciplinar.

En un estudio comparativo entre una metodología basada en problemas y otra tradicional sobre contenidos de densidad y reproducción humana desarrollado con alumnos de secundaria (12-13 años), Wong & Day (2009) concluyen que el aprendizaje de los contenidos curriculares eran similares, sin embargo, los que trabajaron con la resolución de problemas obtienen mejores resultados en la comprensión y aplicación de

los conocimientos a largo plazo. Estos autores sugieren que las metodologías de resolución de problemas tiene un efecto positivo en la retención del conocimiento.

En el campo de la ecología, contenido desarrollado en esta investigación, sólo se ha encontrado el estudio de Roesch, Nerb & Riess (2015) en relación a los ecosistemas de bosque. En este trabajo se comparan los conocimientos adquiridos por alumnos alemanes de 12 años que trabajan mediante una metodología de resolución de problemas con dos grupos de control que lo hicieron con métodos tradicionales, y se concluye que la metodología indagativa permitió el aprendizaje de los contenidos, además de despertar su motivación y generarles autonomía en su propio aprendizaje. Además, los autores sugieren su implementación en las aulas. Es decir, demostraron la validez de este tipo de metodologías para alumnos de edades tempranas.

En relación a otras investigaciones no incluidas en los metaanálisis, se puede concluir algunas consecuencias de interés.

Los trabajos, en general, demuestran virtudes en diferentes aspectos de estas metodologías al hallar que los alumnos mejoran en:

- La adquisición del conocimiento y su retención en el tiempo (Dods, 1997 y Lieux, 2001 en Hmelo-Silver, 2004; Capon & Kuhn, 2004; Wong & Day, 2009; English & Kitsantas, 2013),
- Las destrezas de resolución de problemas para el aprendizaje de las ciencias (Huffman, Lawemz, & Minger, 1997),
- La transferibilidad de los conocimientos a otras materias y a la vida cotidiana (Ge, Planas & Er, 2010),
- El aprendizaje autodirigido, el compromiso activo, generalización y multiplicidad de ideas, la reflexión, la importancia personal y la cooperación (Chin & Chia, 2006),
- El aprendizaje significativo por medio de las explicaciones de los alumnos en el proceso de comunicación (Chi, Bassok, Lewis, Reimann & Glaser, 1989; Lemke, 1990; Chi, Leeuw, Chiu & LaVancher, 1994),
- La creatividad y el desarrollo de destrezas de orden superior (White, 2000),
- Su motivación y grado de satisfacción con la metodología (Hmelo-Silver, 2004).

Como se desprende de lo visto hasta ahora, la mayoría de los estudios se han dirigido a evaluar, principalmente, el rendimiento de los alumnos tras su aprendizaje a través de estas metodologías y, casi siempre, se han centrado en comparar la efectividad de la enseñanza basada en problemas frente a los enfoques de aprendizaje tradicional, y la forma de evaluar se ha llevado a cabo midiendo los resultados mediante exámenes tradicionales. Strobel & van Barneveld (2009) proponen evitar poner el énfasis en esta dicotomía entre ambos tipos de metodologías, porque opinan que hay serias dudas de que cualquiera de ellas se implementen de forma pura en las aulas.

Es muy frecuente, que los autores se reprochen unos a otros la poca fiabilidad de sus estudios y la falta de evidencias en los resultados, pero todos coinciden en que la enseñanza-aprendizaje mediante metodologías de resolución de problemas no afecta

negativamente a la adquisición de los conocimientos por los alumnos (Colliver, 2000; Bekson, 1993 en Walker & Leary, 2009).

La principal crítica por parte de profesores y alumnos respecto a la utilización de metodologías de resolución de problemas hace referencia a la escasa adquisición de conocimiento y a la falta de adecuación de contenidos curriculares que se cubren con los problemas (Dods, 1997 y Lieux 2001 en Hmelo-Silver, 2004).

En resumidas cuentas, resulta imprescindible el desarrollo de más estudios (Ibáñez, 2003; Savery, 2006; Ravitz, 2009; Bárcena, 2015), porque aunque hay mucha investigación sobre las metodologías basadas en la resolución de problemas, se precisan aclaraciones sobre el método óptimo a implementar, el nivel escolar, la disciplina para la que se emplea, sus conocimientos (Roesch, Nerb & Riess, 2015). Además, no siempre se analizan convenientemente los resultados ni se detallan suficientemente los contextos en que se aplican (White, 2000). En este sentido Belland, French & Ertmer (2009) aportan directrices sobre cómo elaborar los artículos sobre investigación en resolución de problemas que resulten útiles para aumentar su rigurosidad y relevancia práctica.

Para finalizar este repaso de las investigaciones en resolución de problemas, se desea destacar el conjunto de trabajos desarrollados por el equipo en el que se incluye el autor de esta memoria de tesis. Todos estos trabajos están inmersos en la enseñanza-aprendizaje a través de la Metodología de Resolución de Problemas por Investigación (MRPI) mediante la resolución de situaciones problemáticas, habiéndose empleado en diferentes disciplinas de la educación secundaria: Física (Varela Nieto & Martínez Aznar, 1997a y 1997b), Química (Martínez Aznar & Ovejero Morcillo, 1997), ampliación de Física y Química (Rodríguez Arteche, Martínez Aznar & Garitagoitia Cid, en prensa), Biología (Martínez Aznar & Ibáñez, 2005) y en el Ámbito Científico-Tecnológico de diversificación curricular (Martínez Aznar & Bárcena Martín, 2013; Pavón Martínez & Martínez Aznar, 2014), y también para distintos niveles educativos: primaria (Dopazo, 2004), secundaria (Martínez Aznar, Varela, Ibáñez & Bárcena, 2001) y formación del profesorado (Martínez Aznar & Varela, 2009). En todos los casos se ha puesto de manifiesto que el aprendizaje de los conceptos básicos mediante cambio conceptual persiste en el tiempo en el alumnado, desarrollan destrezas procedimentales mejor que mediante los métodos tradicionales y, además, expresan satisfacción con la propia metodología.

En esta línea el presente estudio, con la intención de evitar cualquier ausencia de información como las criticadas por otros autores, aporta una propuesta didáctica en el campo de conocimientos de ecología para alumnos de 2º curso de educación secundaria mediante la Metodología de Resolución de Problemas por Investigación (MRPI). Por eso, a continuación, se detalla meticulosamente todo el proceso llevado a cabo a lo largo de esta investigación: su finalidad, sus interrogantes e hipótesis, su contexto y sus muestras, la metodología de aula, los materiales elaborados para la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas”, así como los desarrollados e implementados para la obtención de datos cuyo análisis y resultados permitirán extraer conclusiones e implicaciones didácticas sobre el aprendizaje de este campo de conocimiento mediante la educación basada en resolución de problemas.

## **CAPÍTULO 2**

**¿Cómo se ha diseñado esta  
investigación?**





En este capítulo se describe de forma minuciosa todo el diseño de la investigación una vez que ha quedado perfectamente definido el marco teórico sobre el que se rige el presente trabajo. Para describir la investigación se necesita exponer su finalidad y sus aspectos generales basados en la MRPI, las muestras de escolares con los que se realiza, las preguntas que surgen inicialmente y sus hipótesis derivadas que se quieren contrastar, su secuenciación, la metodología que se desarrolla en el aula y la coordinación que se lleva a cabo entre el GEXP y el GCON. También se detalla el diseño de los instrumentos elaborados para la recogida de datos, los momentos en que se realiza dicha recogida de datos y las técnicas para su análisis y extracción de resultados.

## 2.1. Finalidad de la investigación

Esta memoria ha seguido la línea de investigación del equipo dirigido por la Dra. María Mercedes Martínez Aznar, cuya labor investigadora tiene una trayectoria de más de 25 años de experiencia en su área, en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad Complutense de Madrid. Esta línea de investigación está relacionada con un conjunto de estudios basados en la MRPI en diferentes campos de conocimiento (Química, Física y Biología) con muestras de alumnos de diferentes niveles educativos (Primaria, Secundaria, Bachillerato, Maestros y Profesores de Secundaria en Formación).

La presente investigación incluye la implementación en el aula de una UD centrada en situaciones problemáticas en un grupo experimental (GEXP) que permitan comprobar los aprendizajes obtenidos con la MRPI y compararlos con los realizados en un grupo control (GCON) que siguen una metodología más tradicional. También se indagará sobre el grado de satisfacción por parte de los alumnos del GEXP respecto al trabajo con la MRPI.

La intención es contribuir a la mejora de la calidad de la educación científica mediante metodologías de carácter indagativo. Con todo ello se enuncia de la siguiente manera la finalidad de esta investigación:

*Demostrar que a través de la resolución de situaciones problemáticas de ecología, mediante la metodología indagativa de resolución de problemas por investigación (MRPI), los alumnos de 2º ESO logran aprendizajes conceptuales significativos en ecología, estadísticamente mejores que los alcanzados por alumnos que siguen una metodología de enseñanza más tradicional, así como aprendizajes en las diferentes dimensiones competenciales de la MRPI y una valoración positiva hacia la propia metodología de resolución de problemas.*

## 2.2. Aspectos generales de la investigación

Esta investigación se engloba en el paradigma investigación-acción donde el profesor juega el doble papel de profesor-investigador. Según la finalidad expuesta y el marco teórico que se asume, se ha decidido diferenciar los objetivos del profesor-investigador de los objetivos que se necesita que el alumnado alcance. Los objetivos generales que busca el profesor-investigador, expuestos en el punto anterior como “Finalidad de la investigación”, por tanto, no se deben confundir con los objetivos específicos que se buscan en el alumnado con esta propuesta metodológica que son:

- Aprender los conocimientos básicos sobre "Materia y Energía en los Ecosistemas" mediante la construcción de representaciones de la realidad más aceptadas desde la ciencia y reemplazando a las concepciones alternativas mediante cambios conceptuales.
- Desarrollar la competencia científica en el alumnado a través del uso y aprendizaje de las fases de la MRPI que se corresponden con las dimensiones competenciales (DC): análisis del problema, planteamiento de hipótesis, diseño de la investigación, análisis de resultados y extracción de conclusiones.

El diseño de la investigación es cuasiexperimental, tipo pretest-posttest, con un grupo control donde la variable independiente es la metodología implementada en las aulas, la MRPI y otra de corte tradicional. La intención, según se indicaba en el apartado anterior, es comparar los aprendizajes conceptuales y procedimentales que construyen los alumnos durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de la UD “Materia y Energía en los ecosistemas”.

Este trabajo que se realiza dentro de la Didáctica de las Ciencias Experimentales se enmarca en las investigaciones educativas, que presentan un matiz de investigación social, y utiliza técnicas de análisis cualitativas y cuantitativas:

- Los análisis de tipo cualitativo se aplican en el proceso de interpretar y valorar los razonamientos e ideas de los estudiantes. Este tipo de análisis se aplica a las respuestas de los cuestionarios, a las preguntas de respuesta abierta, a la prueba de valoración sobre la MRPI y a las situaciones problemáticas que se plantean para trabajar con la MRPI. Para el análisis de todas estas pruebas se utilizarán rangos de valores para su interpretación.
- Los análisis de tipo cuantitativo se basan en el tratamiento estadístico de los datos obtenidos por los estudiantes de ambos grupos, GEXP y GCON, en varias pruebas que se analizan estadísticamente con diferentes herramientas, cuya selección está en función de las pruebas empleadas, de la información que se busca y de la finalidad que se pretende.

### **2.3. Muestras de la investigación**

La constituyen un GEXP y otro de control, GCON, que se pueden considerar estándar o prototipos de cualquier centro educativo español.

La muestra inicial del GEXP, durante la fase de experimentación, estuvo formada por 3 grupos de alumnos de 2º de ESO de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza, del curso académico 2003-2004 del Instituto de Educación Secundaria "Gabriel García Márquez" de Madrid. Situado en el barrio de Hortaleza, zona del Mar de Cristal, se le considera un contexto social de clase media con una elevada población joven. Los tres grupos componen una muestra inicial de 80 alumnos (46 hombres y 34 mujeres, de edad media 13,6 años). Sin embargo, la dificultad en un contexto escolar de lograr todas las pruebas necesarias de todos los alumnos redujo considerablemente la muestra final del GEXP a 28 alumnos (13 hombres y 15 mujeres, de edad media 13,5 años).

El GCON estaba constituido por los otros 4 grupos de alumnos de 2º de ESO del mismo centro escolar. De la misma manera la muestra inicial de 96 alumnos (57 hombres y 39 mujeres, de edad media 13,5 años) se redujo por los mismos motivos a 58 alumnos (31 hombres y 27 mujeres, de edad media 13,6 años).

La investigación abarca a los 7 grupos de 2º ESO, es decir, a toda la población de alumnos de ese nivel educativo y, en principio, la confección de los grupos no parecía seguir ningún criterio de agrupamiento por niveles lo que hacía suponer la homogeneidad de ambos grupos GEXP y GCON.

La profesora del GCON, profesora funcionaria con destino definitivo en dicho centro escolar y con suficiente experiencia docente, se mostró en todo momento colaboradora y dispuesta a ayudar en la investigación.

Cualquier profesor se podría encontrar estos grupos de clase, por lo que se les considera grupos estándar o prototipos sobre los que la investigación podría extraer conclusiones extrapolables a cualquier centro educativo español.

### **2.4. Interrogantes que sugiere la investigación**

En este estudio surgen un conjunto de preguntas a las que se intenta dar respuesta. La mayoría de estos interrogantes se transforman en las hipótesis y subhipótesis de esta investigación. Los resultados que de ellas se extraigan y su análisis permitirán la obtención de conclusiones aceptables para la didáctica de las ciencias.

### 2.4.1. Primer interrogante e hipótesis previa de la investigación ( $H_0$ )

La comparación de los resultados que se establece entre los aprendizajes obtenidos con la MRPI que se aplica con el grupo experimental (GEXP) frente a los logrados con la metodología más tradicional por parte del grupo control (GCON) requiere, necesariamente, de unas condiciones de homogeneidad de los estudiantes de ambos grupos en relación a los conocimientos de partida abordados con la investigación.

Tienen que ser estudiantes lo más parecidos posibles para que se constituyan como muestras representativas dentro de una misma población y los resultados se puedan extrapolar a otros de estas edades. Así surge el primer interrogante:

<b>Primer interrogante</b>
<b>“¿Serán homogéneos el GEXP y el GCON en relación a sus conocimientos iniciales sobre ecología antes del proceso de enseñanza-aprendizaje?”</b>

Éste se transforma en la correspondiente hipótesis  $H_0$  con el siguiente enunciado:

<b>Hipótesis 0 (<math>H_0</math>)</b>
<b>“Los alumnos de los GEXP y GCON tienen conocimientos iniciales semejantes sobre ecología con anterioridad a su tratamiento en 2º de ESO”</b>

Si no se cumpliese este prerequisite no se podría asegurar que las mejoras esperadas en el aprendizaje del GEXP frente al GCON fuesen debidas a la aplicación de la MRPI.

### 2.4.2. Interrogantes relacionados con la intervención en el aula

Las preguntas sobre la intervención en el aula se dividen en tres apartados:

- El aprendizaje de procedimientos o dimensiones de la competencia científica tras la aplicación de la MRPI y la resolución de problemas habituales en ecología.
- El aprendizaje de conceptos de ecología.
- El aprendizaje de actitudes respecto al proceso de aprendizaje a través de la MRPI.

#### **Interrogantes sobre procedimientos o dimensiones competencias científicas**

En este apartado se plantean preguntas relacionadas con los procedimientos empleados para el aprendizaje de los contenidos conceptuales. La primera hace referencia al aprendizaje en el GEXP de los procedimientos o dimensiones

competenciales científicas por medio de la resolución de situaciones problemáticas aplicando la MRPI y se enuncia así:

<b>Segundo interrogante</b>
<b>“¿Aprenderán los estudiantes del GEXP los procedimientos de la MRPI, trabajados en la resolución de situaciones problemáticas, permitiéndoles alcanzar niveles altos de resolución en cada una de las dimensiones competenciales de la competencia científica?”</b>

Otra pregunta hace referencia a la comparación en el aprendizaje de los procedimientos de resolución de problemas habituales de ecología entre el GEXP y el GCON:

<b>Tercer interrogante</b>
<b>“¿Habrán diferencias en la resolución de los problemas habituales de ecología a nivel de 2º ESO entre el GEXP y el GCON que han seguido metodologías diferentes?”</b>

Para dar respuesta a esta pregunta se contrasta la hipótesis ( $H_1$ ) que tiene el enunciado:

<b>Hipótesis 1 (<math>H_1</math>)</b>
<b>“Existen diferencias estadísticamente significativas en la resolución de problemas habituales de ecología a favor del GEXP que ha trabajado con la MRPI respecto al GCON que lo ha hecho con una metodología tradicional”</b>

### **Interrogante sobre conceptos de ecología**

En este apartado surge la pregunta relacionada con el aprendizaje de los contenidos conceptuales:

<b>Cuarto interrogante</b>
<b>“¿Se producirá un cambio conceptual sobre los conocimientos de ecología a favor del GEXP que ha trabajado con la MRPI frente al GCON que ha trabajado con una metodología más tradicional?”</b>

Esta cuestión se resuelve mediante la siguiente hipótesis:

<b>Hipótesis 2 (<math>H_2</math>)</b>
<b>“Al final del proceso de enseñanza-aprendizaje se producirá un cambio conceptual estadísticamente significativo, en relación a los conocimientos sobre ecología, a favor del GEXP que ha trabajado con la MRPI respecto al GCON que ha trabajado con una metodología tradicional”</b>

Esta hipótesis es muy amplia y conviene subdividirla en 3 subhipótesis.

La primera subhipótesis se refiere al aprendizaje de los conceptos de ecología del GEXP tras el trabajo con la metodología MRPI:

<b>Hipótesis 2.1 (H<sub>2.1</sub>)</b>
“Los estudiantes del GEXP experimentarán un cambio conceptual estadísticamente significativo en relación a los conocimientos sobre ecología como consecuencia del trabajo continuado con la MRPI”

La segunda subhipótesis compara los aprendizajes obtenidos sobre conceptos de ecología por ambos grupos, mediante sus diferentes metodologías de trabajo:

<b>Hipótesis 2.2 (H<sub>2.2</sub>)</b>
“Existen diferencias estadísticamente significativas en el aprendizaje de los conceptos sobre ecología a favor del GEXP respecto al GCON”

La tercera subhipótesis se refiere a la comparación de la persistencia en el tiempo del cambio conceptual realizado en ambos grupos tras sus correspondientes metodologías:

<b>Hipótesis 2.3 (H<sub>2.3</sub>)</b>
“El cambio conceptual producido en el GEXP por el aprendizaje con la MRPI persistirá en el tiempo sin sufrir un retroceso estadísticamente significativo respecto al GCON”

### **Interrogantes sobre actitudes frente a la MRPI**

Finalmente, en el tercer apartado se formula una pregunta relacionada con la actitud que manifiestan los alumnos del GEXP hacia la propia metodología MRPI:

<b>Quinto interrogante</b>
“¿Estarán satisfechos los alumnos del GEXP con el aprendizaje realizado a través de la MRPI?”

Pero esta satisfacción podría estar generada por un posible condicionamiento por los resultados obtenidos en las diferentes pruebas, lo que sugería una nueva pregunta:

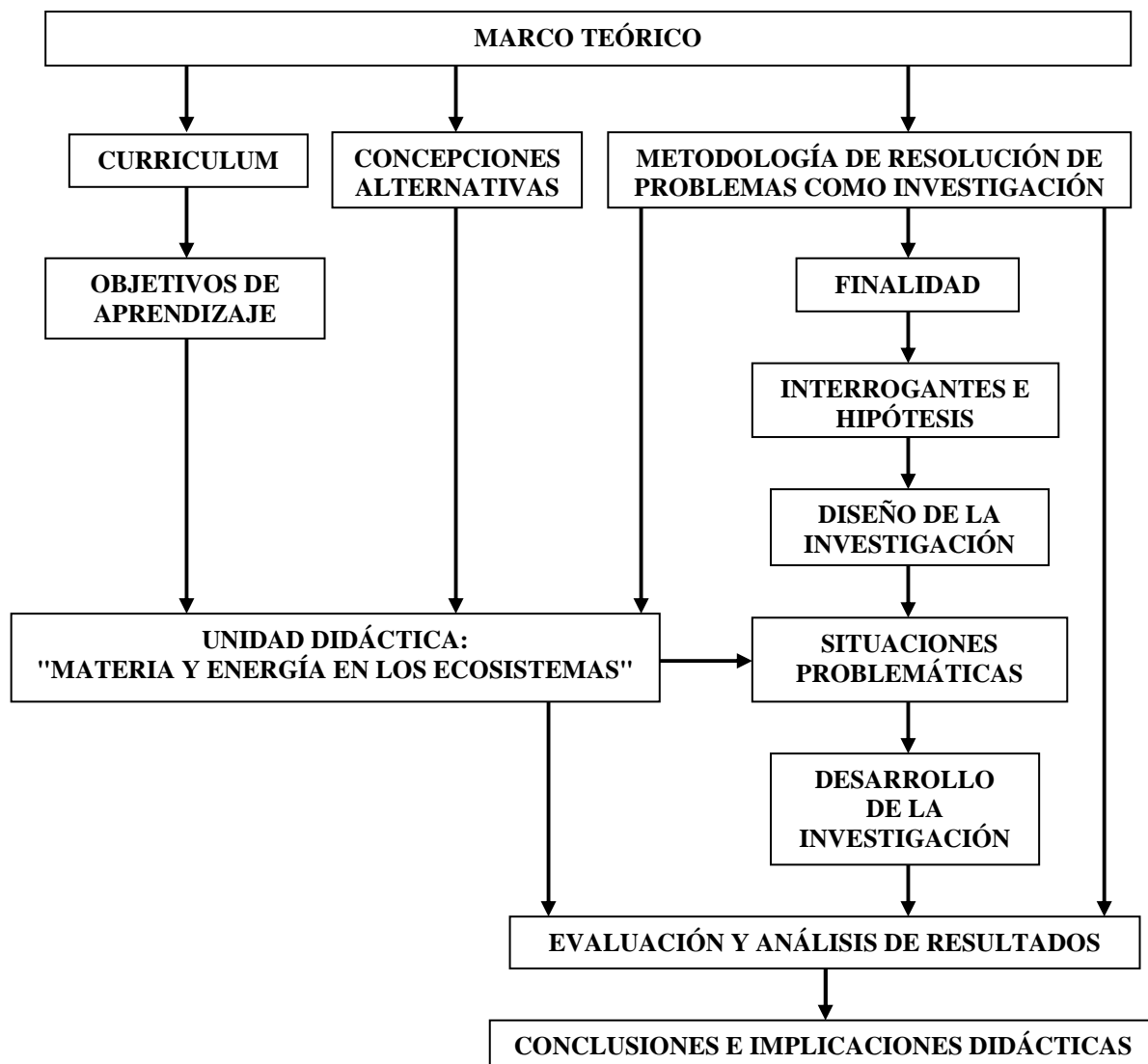
<b>Sexto interrogante</b>
“¿La satisfacción de los alumnos del GEXP con el aprendizaje realizado a través de la MRPI podría estar condicionada por sus resultados académicos?”

Para dar respuesta a esta pregunta se contrasta la hipótesis (H<sub>3</sub>):

<b>Hipótesis 3 (H<sub>3</sub>)</b>
“Los alumnos del GEXP que manifiestan satisfacción favorable hacia la metodología de trabajo no están condicionados por sus buenos resultados en el aprendizaje de contenidos conceptuales sobre ecología”

## 2.5. Secuenciación de la investigación

En base a la finalidad de este estudio y las cuestiones e hipótesis derivadas, en la Ilustración 1 se muestra un esquema que resume el proceso de la investigación.



**ILUSTRACIÓN 1.** Aspectos esenciales a trabajar en la investigación.

En base a este esquema la secuencia de esta investigación ha seguido cuatro fases bien diferenciadas que se detallan a continuación. En la Tabla 2 se indican los tiempos en que se llevaron a cabo estas etapas, así como sus actuaciones principales.



<b>FASE PRELIMINAR</b>	<b>FASE EXPERIMENTAL</b>	<b>FASE FINAL</b>
<b>Curso 2002 a Enero 2004</b>	<b>Octubre 2003 a Octubre 2004</b>	<b>2015</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma de contacto con la metodología (MRPI).</li> <li>• Análisis bibliográfico.</li> <li>• Elaboración de la UD con las situaciones problemáticas y sus pruebas.</li> <li>• Selección de materiales para su resolución.</li> <li>• Comprobación de las concepciones alternativas.</li> <li>• Entrenamiento del GEXP y del profesor-investigador.</li> <li>• Elaboración de los grupos del GEXP previo a la UD de ecología.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de la prueba inicial al GEXP y GCON.</li> <li>• Aplicación de toda la secuencias de situaciones problemáticas de la UD.</li> <li>• Aplicación de la prueba de valoración de la MRPI y de las pruebas finales.</li> <li>• Recogida de información para su posterior análisis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualización bibliográfica.</li> <li>• Análisis de los datos recogidos.</li> <li>• Contrastación de las hipótesis.</li> <li>• Extracción de conclusiones.</li> <li>• Elaboración de implicaciones didácticas.</li> <li>• Redacción de la memoria comunicando los resultados.</li> </ul>

**TABLA 2.** *Etapas de la investigación.*

### **2.5.1. Fase Preliminar**

En esta fase se realiza la toma de contacto del profesor-investigador con la MRPI, así como toda la revisión bibliográfica, el diseño de materiales previo junto con la propuesta didáctica, y los ensayos y pruebas piloto llevadas a cabo con otros grupos de alumnos durante el curso académico anterior a la investigación. También se comprueban concepciones alternativas de los alumnos, se desarrolla el entrenamiento en la MRPI del GEXP y del profesor-investigador. Los alumnos elaboran los grupos con los que trabajarán la UD de ecología.

El estudio sobre el marco teórico se basa en la búsqueda y revisión inicial de trabajos e investigaciones previas que puedan servir de referencia a la investigación, entre ellas las relacionadas con:

- Las metodologías indagativas mediante resolución de problemas, en especial los antecedentes de la MRPI.
- Las concepciones alternativas que suelen tener los alumnos de ESO sobre ecología o los contenidos subsidiarios necesarios para abordar esta unidad.
- El currículo oficial y los objetivos, contenidos y criterios de evaluación de la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas” para que el diseño de materiales se ajustase en todo momento a las leyes educativas vigentes.

El diseño previo de todos los recursos didácticos, necesarios para el trabajo en el aula y como propuesta para el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, incluiría la elaboración de los documentos y pruebas como:

- La "plantilla de resolución de las situaciones problemáticas", que se le entrega a todos los alumnos. Es la ficha principal sin la cual los alumnos difícilmente podrían seguir el conjunto de fases que propone la MRPI para la resolución de las situaciones problemáticas. Es, por tanto, la guía con la que se deben resolver las situaciones problemáticas que se proponen en la investigación. En líneas generales, y por medio de indicaciones o preguntas sencillas, orienta al alumno sobre cómo iniciar la resolución, cómo centrarse en lo importante, cómo elaborar hipótesis, qué pasos seguir para diseñar una estrategia de resolución y cómo extraer conclusiones.
- El diseño y desarrollo teórico de todas las “situaciones problemáticas”, tanto las de la fase de entrenamiento como las de la propia UD que se investiga, así como su mejor secuenciación para su adecuado aprovechamiento. Así se pretende evitar las improvisaciones al prever todas las posibles soluciones que puedan desarrollar los alumnos en cada situación problemática.
- Las "normas", que tienen que seguir los alumnos para trabajar en grupo, resolver las situaciones problemáticas y presentar los informes escritos.
- Las “pruebas de evaluación” que permiten conocer la situación inicial y final de los conocimientos de los alumnos del GEXP y del GCON. Se elabora una Prueba Inicial (P.I.), una Prueba Final 1 o examen de evaluación (P.F.1), una prueba de valoración de la MRPI y una Prueba Final 2 (P.F.2) para su aplicación 6 meses después.

Durante el curso académico 2002-2003 se ensayaron algunas de estas pruebas (la inicial, alguna situación problemática, las normas, la plantilla de resolución de problemas) y se comprobaron las concepciones alternativas de los alumnos.

Estos ensayos previos permitieron ir reelaborando los materiales que se acaban de mencionar para que fuesen lo más útiles posibles, tanto para el trabajo en el aula como para la recogida de información para su análisis posterior.

A continuación, se desarrolla el entrenamiento y aprendizaje de la MRPI por los alumnos del GEXP, periodo que se inició en el mes de octubre de 2003 y finalizó en enero de 2004, y que se caracteriza por:

- Elaboración de grupos de trabajo con una forma libre de agrupamiento de entre 2 y 5 alumnos, así como la toma de contacto y práctica de las normas para el trabajo en grupo y la dinámica del aula. También la reestructuración de grupos de trabajo, tras los problemas que surgen en el seno de algunos de ellos.
- Toma de contacto y práctica de situaciones problemáticas de entrenamiento de otras UD previas que no afectan a la investigación, así como la toma de contacto,

práctica y superación de dificultades con la plantilla de resolución de las situaciones problemáticas.

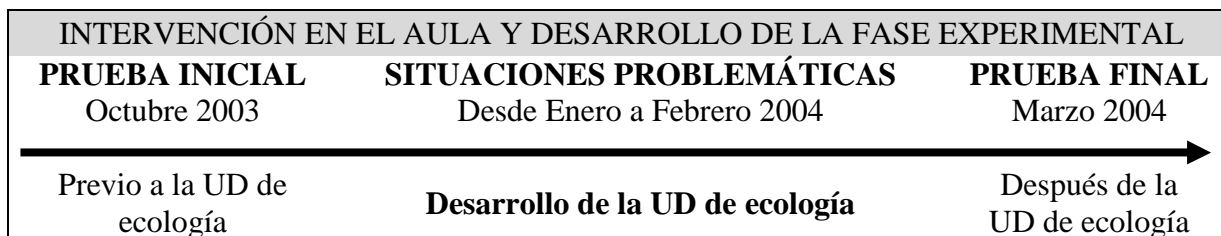
- Elaboración de memorias de resolución de las situaciones problemáticas, así como la toma de contacto y práctica con las normas para su elaboración.
- Toma de contacto y trabajo en el aula con la presencia de otra persona o del propio profesor-investigador que realiza las fotografías durante las sesiones de clase.

Una vez entrenados en la metodología y constituidos los grupos definitivos, se considera que los alumnos están preparados para abordar las situaciones problemáticas sobre ecología que se proponen en esta investigación. Además, en esta fase también el profesor-investigador completa su propio entrenamiento en la metodología.

Por supuesto, el centro educativo autorizó la investigación educativa y los alumnos y sus familiares fueron informados de los cambios metodológicos que se iban a realizar. Incluso las familias firmaron una autorización permitiendo o no la realización de fotografías de sus hijos.

### 2.5.2. Fase Experimental

A continuación y según se resume en la Ilustración 2, se realizó toda la fase de trabajo de aula, es decir, la fase experimental empírica caracterizada por la implementación de la UD de ecología propuesta en esta investigación.



**ILUSTRACIÓN 2.** *Secuencia de la Fase Experimental de la investigación.*

Esta fase comenzó también en el mes de octubre de 2003, al inicio del curso académico 2003-2004, con la aplicación y recogida de datos de la Prueba Inicial (P.I.) tanto para los alumnos del GEXP como del GCON. De esta forma, se podría comprobar sus conocimientos iniciales sobre la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas” objeto de la investigación.

Esta fase está caracterizada por el trabajo en el aula con el GEXP de la propuesta didáctica de las situaciones problemáticas de la UD de ecología, con excepción de la primera (Situación Problemática 0) que fue resuelta por los alumnos individualmente y considerada todavía como parte del entrenamiento. Durante esta fase el GCON aborda esta UD mediante la metodología tradicional.

Así, la fase experimental tiene un componente de trabajo directo en el aula que se desarrolla con el GEXP con la intervención del profesor-investigador y, también tiene otro componente de trabajo del alumnado que se realiza fuera del aula para la elaboración de los informes de resolución de las situaciones problemáticas.

En enero de 2004, se inició la UD de ecología mediante la MRPI cuyos contenidos conceptuales iban a ser abordados durante el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante las cuatro situaciones problemáticas que se investigan en este trabajo y con la orientación del profesor-investigador. Durante el desarrollo de ésta, en febrero de 2004, se recogieron datos de la manera de trabajar de los alumnos, así como de las memorias de resolución que elaboraron.

En esta fase experimental se recoge la información de diferentes maneras:

- Diario del profesor-investigador y de la profesora del GCON en el que se reflejan todos los aspectos de interés relacionados con cualquier factor de la investigación (secuenciación, incidencias, problemas, ideas, posibilidades, etc.). También se controla así la coordinación y el cumplimiento de los acuerdos alcanzados entre ambos profesores.
- Producciones de los alumnos con la resolución de cada situación problemática de la UD objeto de la investigación, las cuales deben ser convenientemente analizadas para la extracción de conclusiones.

Tras finalizar la UD se realiza un conjunto de pruebas finales, las cuales deberían ser analizadas con posterioridad de manera cuidadosa y sistemática. Entre estas pruebas se incluyen:

- “Prueba Final 1”, en marzo de 2004. Es el examen de evaluación de la UD para comprobar el aprovechamiento de los contenidos de la UD por cada alumno.
- “Cuestionario escrito de opinión sobre la MRPI”, para comprobar la valoración individual que cada alumno hace de la metodología.
- “Prueba Final 2”. Es un cuestionario en el que se evalúan los contenidos trabajados en la UD. Se realiza 6 meses después (al comienzo del siguiente curso académico) para comprobar la persistencia en el tiempo de los aprendizajes realizados por los alumnos del GEXP mediante la MRPI.

Por tanto, las pruebas que se aplicaron a los alumnos para la recogida de datos durante esta fase experimental fueron las de la Tabla 3.

<b>PRUEBAS</b>	<b>GRUPO CONTROL</b>	<b>GRUPO EXPERIMENTAL</b>
<b>Prueba Inicial</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>Situaciones problemáticas de ecología</b>		<b>X</b>
<b>Prueba Final 1 (Examen)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>Cuestionario de valoración de la MRPI</b>		<b>X</b>
<b>Prueba Final 2 (6 meses después)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>

***TABLA 3.** Pruebas aplicadas durante la Fase Experimental al GEXP y GCON.*

### **2.5.3. Fase Final**

En esta fase se realizan las tareas necesarias para la contrastación de las hipótesis que se han planteado en esta investigación:

- Se analizan los resultados obtenidos por los alumnos, en sus producciones y en las diferentes pruebas empleadas, mediante análisis cualitativos y cuantitativos.
- Se extraen conclusiones de dichos resultados relacionados con el cuerpo de conocimiento didáctico en el que se enmarca la investigación.
- Se toman decisiones relacionadas con la pertinencia de realizar ajustes o reelaboraciones en cualquiera de los aspectos que requiere esta aplicación didáctica con la MRPI (en los diferentes recursos diseñados, en la secuenciación de las situaciones problemáticas, en los tiempos empleados, en los agrupamientos, en las actuaciones en el aula, etc.).
- Se elaboran las implicaciones didácticas de toda la investigación con la intención de contribuir a la innovación educativa y al desarrollo profesional del profesorado de educación secundaria.

También se realiza una importante tarea de actualización de la bibliografía consultada y se elabora la memoria final de la investigación para la comunicación de los resultados y conclusiones en el campo de conocimiento de la Didáctica de las Ciencias Experimentales.

## 2.6. Coordinación con el GCON

El profesor-investigador debe lograr una coordinación con el profesorado del GCON y una comunicación lo más fluida posible, ya que uno de los objetivos principales de la investigación es comparar el aprendizaje del GEXP y del GCON siguiendo metodologías diferentes. Es esencial, en este sentido, que la colaboración y el contacto entre ambos profesores sea continuo. Se trata de consensuar los tiempos que se van a emplear en la UD y los contenidos que se van a abordar aunque se desarrollen de forma diferente. De hecho, la esencia de la comparación radica en que lo único diferente sean las metodologías.

La profesora del GCON, como ya se ha comentado anteriormente, se mostró en todo momento colaboradora y dispuesta a ayudar en la investigación. Participó de forma activa en todas las fases de la investigación en las que se necesitaba la coordinación entre ambos profesores con el fin de llegar a acuerdos curriculares y las pruebas a aplicar a los alumnos para la recogida de resultados. Así se acordaron:

- Los contenidos mínimos de la UD de ecología.
- La temporalización aproximada, antes y durante el desarrollo de la unidad.
- La salida de campo.
- La Prueba Inicial (P.I.) que se realizó de forma simultánea con el profesor-investigador.
- La Prueba Final 1 o examen de evaluación (P.F.1) propuesta por la profesora del GCON, que se realizó prácticamente de forma simultánea, para evaluar y posibilitar la comparación entre el GEXP y el GCON.
- El registro en sus respectivos diarios de clase del avance de la programación, la secuencia seguida y las actuaciones realizadas en la UD de ecología objeto de la investigación.

Por último, fue esencial la labor que realizó la profesora del GCON en la aplicación de la Prueba Final 2 (P.F.2) en octubre de 2004, es decir, al inicio del curso académico siguiente. En ese momento el profesor-investigador fue asignado a otro centro educativo y no disponía de los tiempos ni posibilidades de aplicar él mismo dicha prueba a los alumnos de los GEXP y GCON del curso anterior.

## **2.7. Pruebas para la recogida y análisis de los datos**

Los interrogantes que se han propuesto para este estudio serán investigados a través de los datos de las pruebas que fueron diseñadas para obtener información de los alumnos en diferentes momentos de la investigación.

Las pruebas utilizadas son:

- Un conjunto de situaciones problemáticas que configuran la UD y una plantilla para el análisis de los datos que evalúe el nivel de resolución de cada dimensión competencial o fase de la MRPI.
- Una Prueba Inicial (P.I.) con cuestiones de ecología para analizar el conocimiento inicial de los alumnos.
- Una Prueba Final 1 (P.F.1) o examen, propuesta por la profesora del GCON, para apreciar el conocimiento de los alumnos tras concluir el proceso de enseñanza-aprendizaje de la UD de ecología.
- Una Prueba Final 2 (P.F.2) para evaluar el conocimiento de los alumnos tras varios meses de concluir la UD de ecología.
- Un cuestionario de satisfacción sobre la MRPI para que los alumnos del GEXP expresen sus opiniones sobre el aprendizaje realizado a través de esta metodología novedosa para ellos con la que han trabajado.

Estos instrumentos fueron diseñados y elaborados para tratar de obtener el máximo de información posible sobre las ideas, conocimientos y razonamientos de los alumnos. Además, su diseño debía permitir que la información obtenida por medio de las respuestas de los alumnos pudiese categorizarse sin dificultad, así como ordenarse en niveles o rangos en dichas categorías para facilitar su tratamiento mediante programas informáticos de estadística.

En esta investigación se pretende conseguir el aprendizaje de conceptos de ecología y de la propia metodología MRPI, y cuando se trata de comparar a ambos grupos, GEXP y GCON, es importante aclarar que las pruebas se implementan con los alumnos de ambos grupos en momentos semejantes del desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje de la UD de ecología.

A continuación se analiza el diseño de los diferentes instrumentos utilizados para tratar de responder a los interrogantes y contrastar las hipótesis y subhipótesis que se plantean en esta investigación.

### 2.7.1. Pruebas y análisis de datos para dar respuesta a los interrogantes e hipótesis relacionadas con procedimientos de resolución de situaciones problemáticas de ecología

Estas pruebas buscan respuestas para el segundo y el tercer interrogante de esta investigación que se refieren al análisis del desarrollo de capacidades y destrezas para la resolución de situaciones problemáticas en el campo de estudio de la ecología. A continuación se detallan las pruebas diseñadas para cada uno de los interrogantes planteados.

#### 2.7.1.1. Situaciones problemáticas y análisis de datos para responder al segundo interrogante sobre el aprendizaje de los procedimientos de la MRPI

La investigación de este interrogante sobre el aprendizaje de la MRPI de los alumnos del GEXP se realiza de forma descriptiva y se lleva a cabo evaluando la resolución que hacen los grupos cooperativos de cuatro situaciones problemáticas propuestas dentro de la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas”, cuyo diseño se justifica en el Capítulo 3. Sus enunciados se exponen en la Ilustración 3.

SITUACIONES PROBLEMÁTICAS	
<p align="center"><b><u>Situación Problemática 1</u></b>  <b>¿Podría vivir el Águila Imperial Ibérica en otro ecosistema?</b></p>	
<p align="center"><b><u>Situación Problemática 2</u></b>  <b>¿Qué habría que tener en cuenta para diseñar un pequeño espacio en el que poder observar individuos vivos de diferentes especies?</b></p>	
<p align="center"><b><u>Situación Problemática 3</u></b></p> <p align="center">PINO → PROCESIONARIA → CUCO → HALCÓN</p> <p align="center"> </p> <p align="center"><b>BACTERIAS Y HONGOS</b></p> <p align="center"><b>Observa la secuencia de alimentación: ¿qué sucedería al resto de especies si una enfermedad afecta a los cucos haciéndolos desaparecer?</b></p>	
<p align="center"><b><u>Situación Problemática 4</u></b>  <b>¿Cuántas vacas puede mantener un prado?</b>          (Luffiego y Rabadán, 2000,482)</p>	

**ILUSTRACIÓN 3.** Enunciados de las situaciones problemáticas de la UD de ecología analizadas para dar respuesta al interrogante sobre el aprendizaje de la MRPI.



Por tanto, los instrumentos para la recogida de los datos son las producciones elaboradas por los grupos cooperativos de alumnos sobre las resoluciones de las cuatro situaciones problemáticas empleando la MRPI.

El análisis de los datos de las dimensiones competenciales (DC), en todas las situaciones problemáticas resueltas por los grupos cooperativos de alumnos, se realiza por medio de una plantilla como la de la Ilustración 4. En ésta se diferencian los criterios o niveles de evaluación de cada DC, los cuales se distribuyen en orden desde un Nivel 0 de nula resolución a un Nivel 4 de máxima resolución.

Los datos de los niveles de resolución obtenidos en las diferentes DC por los grupos cooperativos de alumnos son los que se analizan posteriormente para averiguar el grado de aprendizaje de los procedimientos de la MRPI que alcanzan los alumnos en la secuencia de las cuatro situaciones problemáticas.

Las fases de la MRPI se corresponden con las diferentes dimensiones de la competencia científica propuesta en el currículo oficial, es decir, su análisis permitirá determinar el nivel de desarrollo de esta competencia que alcanzan los estudiantes tras el periodo de enseñanza-aprendizaje. Las dimensiones competenciales se definen como en otros trabajos del equipo de investigación (Pavón & Martínez Aznar, 2014):

- **Dimensión Competencial 1 (DC1).** Se corresponde con el “Análisis cualitativo de la situación problemática”. Se comprueba si los alumnos desarrollan la competencia para identificar y plantear problemas relacionados con el marco teórico de la situación problemática.
- **Dimensión Competencial 2 (DC2).** Se refiere a la “Formulación de hipótesis”. Aquí se evidencia si los alumnos tienen la capacidad para establecer predicciones, explicaciones o posibles soluciones sobre dicha situación problemática.
- **Dimensión Competencial 3 (DC3).** Engloba el “Diseño de la estrategia de resolución de la situación problemática”, donde se demuestra si los alumnos tienen habilidades para tomar decisiones y esbozar un plan de actuación para resolver la situación problemática en base al análisis cualitativo inicial (DC1) y a las hipótesis planteadas (DC2).
- **Dimensión Competencial 4 (DC4).** Abarca la propia “Resolución de la situación problemática”. En esta competencia se manifiesta si los alumnos tienen la habilidad de seguir el plan trazado (DC3) por medio de la investigación, la observación y la experimentación, si es posible, para extraer resultados.
- **Dimensión Competencial 5 (DC5).** Se relaciona con el “Análisis de los resultados” y la capacidad de los alumnos para examinar los resultados de la investigación realizada (DC4), así como interpretarlos, extraer conclusiones de ellos y ser capaces de argumentar y comunicar dichas conclusiones basándose en los resultados y las pruebas.

## **CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LAS DIMENSIONES COMPETENCIALES (D.C.)**

### **D.C.1: Análisis cualitativo de la situación problemática**

Nivel 0: No saben / No contestan.

Nivel 1: Irrelevante / Incoherente.

Nivel 2: Análisis insuficiente o bien pasa directamente a registrar la información encontrada.

Nivel 3: Análisis adecuado, pero incompleto.

Nivel 4: Análisis adecuado y completo.

### **D.C.2: Emisión de hipótesis (Una o varias)**

Nivel 0: No saben / No contestan.

Nivel 1: Irrelevante / Incoherente, aunque estén bien expresadas como hipótesis.

Nivel 2: Hipótesis bien expresadas, pero con argumentos insuficientes.

Nivel 3: Bien las ideas, pero mal expresadas en términos de hipótesis.

Nivel 4: Hipótesis bien expresadas y perfectamente argumentadas.

### **D.C.3: Elaboración de una estrategia de resolución**

Nivel 0: No saben / No contestan.

Nivel 1: Irrelevante / Incoherente.

Nivel 2: La estrategia que plantean tiene fundamento. Las variables a investigar son adecuadas, pero incompletas. No indican los pasos que seguirían en su investigación.

Nivel 3: La estrategia que plantean tiene fundamento. Las variables a investigar son adecuadas y completas. No indican los pasos que seguirían en su investigación o sólo indican algunos de ellos.

Nivel 4: La estrategia que plantean tiene fundamento. Las variables a investigar son adecuadas y completas. Indican todos los pasos secuenciados que seguirían en su investigación.

### **D.C.4: Resolución de la situación problemática**

Nivel 0: No saben / No contestan.

Nivel 1: Irrelevante / Incoherente.

Nivel 2: Resolución insuficiente para extraer conclusiones lógicas. Aportan algunos datos de interés.

Nivel 3: Resolución incompleta, aunque suficiente para sacar algunas conclusiones lógicas. Aportan algunos datos relevantes.

Nivel 4: Resolución en profundidad, suficiente para sacar conclusiones lógicas completas. Aportan todos los datos de especial relevancia.

### **D.C.5: Análisis de los resultados**

Nivel 0: No saben / No contestan.

Nivel 1: Irrelevante / Incoherente. No consideran las hipótesis.

Nivel 2: Análisis superficial o sólo indican el resultado o se limitan a indicar que los resultados son lógicos y se cumplen sus hipótesis sin argumentar nada.

Nivel 3: Análisis de los resultados incompleto y encuentran soluciones incompletas para la situación problemática o las hipótesis estudiadas.

Nivel 4: Análisis en profundidad de los factores que han tenido en cuenta para extraer las conclusiones finales de la situación problemática. Encuentran soluciones adecuadas para la situación problemática o las hipótesis estudiadas.

**ILUSTRACIÓN 4.** *Criterios de evaluación de cada dimensión competencial para la evaluación de las situaciones problemáticas.*

También, para obtener mayor información del grado de resolución de las situaciones problemáticas por los grupos, al igual que en otros trabajos (Martínez Aznar & Varela, 2009), se determinan dos indicadores de logro (I.L.):

- **Indicador de logro 1 (I.L.1).** Se utiliza para valorar el éxito relativo alcanzado por los grupos de alumnos en cada DC. Se calcula mediante la diferencia normalizada, es decir, se suma el número de alumnos que alcanzan los niveles superiores de resolución (3 y 4) y se les resta el número de alumnos que obtienen los niveles inferiores (1 y 2). El resultado es un valor situado entre los valores -1 y +1. Su interpretación se realiza de forma descriptiva analizando el valor obtenido en cada dimensión competencial. Los resultados favorables, respecto al adecuado aprendizaje de la DC que se contemple, serán aquellos que se encuentren en valores positivos por encima del valor 0, tanto más favorables cuanto más se acerquen al valor +1. De la misma manera los resultados desfavorables en cuanto al aprendizaje de dicha DC se representarán con valores negativos.
- **Indicador de logro 2 (I.L.2).** Este indicador se emplea para averiguar el nivel medio alcanzado por los grupos de alumnos en cada DC. La forma de hallarlo es calculando la media de las valoraciones obtenidas y su desviación típica en cada una de las DC. El resultado es un valor situado entre los valores 0 y 4. Para interpretarlo conviene tener presente la plantilla de evaluación de las situaciones problemáticas, en cuyos niveles de resolución de cada DC se comprueba que los valores desfavorables en el aprendizaje de los procedimientos son los valores 0 y 1, el valor medio sería el 2 y podríamos hablar de valores favorables en los niveles de resolución 3 y 4.

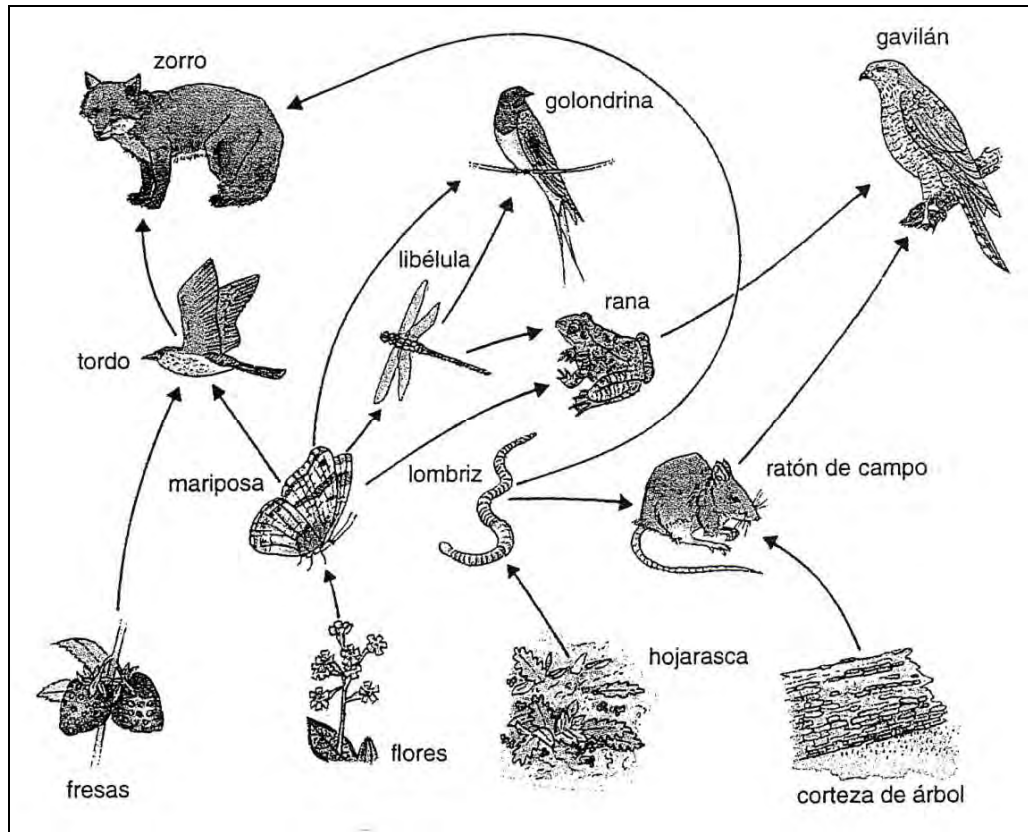
Ambos I.L. se representarán en gráficas mostrando los datos directamente, así se facilitará su interpretación de forma descriptiva para realizar un análisis de la evolución del aprendizaje de los grupos de alumnos en cada DC a lo largo de las cuatro situaciones problemáticas.

#### **2.7.1.2. Problema seleccionado para dar respuesta al tercer interrogante y su hipótesis sobre la comparación de la forma de resolver problemas entre GEXP y GCON**

La investigación de este interrogante y la contrastación de su hipótesis ( $H_1$ ) derivada sobre la forma en que resuelven los problemas ambos grupos, GEXP y GCON, se lleva a cabo evaluando el nivel de aprendizaje conseguido por los alumnos tras su resolución de un problema habitual de ecología.

El problema empleado junto con la Ilustración 5 se incluye en la Prueba Final 1 (P.F.1) o examen de evaluación de la UD. Fue propuesto por la profesora del GCON. En él se abordan contenidos relacionados con la comprensión de las “cadenas y redes tróficas”, así como el manejo de la información que proporcionan para la comprensión de las relaciones alimenticias o tróficas que se establecen en un ecosistema.

**Problema:** En el Bosque mediterráneo se reconocen estas relaciones alimenticias entre seres vivos, pero últimamente han desaparecido las libélulas. ¿Cuál puede ser la causa y cómo lo investigarías?



**ILUSTRACIÓN 5.** Problema habitual en ecología utilizado para comparar la resolución de problemas. Imagen extraída de Correig, Grau & De Manuele (1998).

La obtención de los datos de este problema para su posterior análisis se ha efectuado describiendo tres niveles de resolución:

- Nivel 0: Respuesta “falsa”, de nula o muy baja resolución por dar respuestas conceptualmente incoherentes o erróneas.
- Nivel 1: Respuesta “regular”, de resolución media, con aciertos y errores o ausencia de conocimientos que impiden una valoración totalmente correcta.
- Nivel 2: Respuesta “verdadera” y correcta a la luz de los conocimientos de la materia.

### **2.7.2. Pruebas y análisis de datos para dar respuesta a los interrogantes e hipótesis sobre el aprendizaje de conceptos de ecología y su persistencia en el tiempo**

El cuarto interrogante de esta investigación se refiere al cambio conceptual en los contenidos conceptuales de ecología, así como su persistencia en el tiempo. De esta pregunta se deriva la hipótesis ( $H_2$ ) que se divide en tres subhipótesis.

La investigación requería de la recogida de información en diferentes momentos de su fase experimental para permitir la comparación del aprendizaje de los estudiantes. En concreto, se necesitaba recoger información antes del desarrollo de la UD de ecología, después de su desarrollo y, finalmente, transcurridos unos meses desde el final del curso académico. Para ello los cuestionarios utilizados para su análisis fueron una Prueba Inicial (P.I.) para antes de la UD y dos pruebas finales, la Prueba Final 1 (P.F.1) o examen de la UD y la Prueba Final 2 (P.F.2) tras varios meses. Las tres pruebas permitirán contrastar las tres subhipótesis, que darán respuesta al cuarto interrogante. Es decir, facilitarán la comparación de los conocimientos del GEXP antes y después del proceso de enseñanza-aprendizaje, del cambio conceptual entre los alumnos del GEXP y del GCON y de la persistencia del cambio conceptual a lo largo del tiempo desde el final del proceso de enseñanza-aprendizaje hasta pasados varios meses después de la finalización de la UD de ecología. A continuación se muestran las pruebas empleadas y se justifica su diseño.

#### **Prueba Inicial (P.I.)**

Es un cuestionario que se elabora teniendo en cuenta las concepciones alternativas investigadas y encontradas en la bibliografía consultada (Anexo I). Tiene la finalidad de permitir la contrastación de las hipótesis relacionadas con el aprendizaje de los conceptos curriculares sobre ecología determinando el nivel de conocimiento conceptual de ambos grupos GEXP y GCON, así como sus concepciones alternativas. Además, servirá para verificar la homogeneidad inicial de ambos grupos, la Hipótesis 0.

Las características, ya comentadas en el Capítulo 1, que poseen las concepciones alternativas permiten pensar que, con gran seguridad, aparecerán en cualquier grupo de alumnos de esta etapa educativa. Por ello la elaboración y aplicación de una prueba de concepciones alternativas dejaría de ser necesaria a nivel escolar. No obstante, el presente trabajo pretende aportar un ejemplo de este tipo de pruebas que permita contrastar la información encontrada, analizar los criterios a tener en cuenta para su elaboración y, lo que es más importante, servir de instrumento para que los alumnos se hagan conscientes de sus concepciones.

El resultado es la P.I., Ilustración 6, elaborada con preguntas originales, que está constituida por cuatro ítems cerrados de opción múltiple para que los alumnos elijan la respuesta considerada más correcta. Este tipo de cuestionario facilita la respuesta de los estudiantes, así como su análisis y comparación posterior con otras pruebas similares.

Nombre completo: .....Curso: .....¿Repetidor?.....

1. ¿Con cuál de estas frases estás más de acuerdo?

- ☐ Respirar es para los animales lo que la fotosíntesis para los vegetales.
- ☐ La respiración es un proceso para obtener energía.
- ☐ Las Mitocondrias son para los animales lo que los Cloroplastos para los vegetales.
- ☐ Respirar es tomar y expulsar aire, es decir, intercambiar gases con el ambiente.

2. ¿Cuál de estas frases te convence más respecto al "Suelo"?

- ☐ Se fertiliza con sustancias originadas por la descomposición y putrefacción de excrementos y organismos muertos debido al paso del tiempo y a los fenómenos meteorológicos.
- ☐ Pierde fertilidad con el tiempo y sólo la recuperará si es abonado por los humanos.
- ☐ Se fertiliza con sustancias originadas por los microorganismos al descomponer excrementos y organismos muertos.
- ☐ Posee sales minerales cuya cantidad no es fácil que varíe por la influencia de los seres vivos.

3. ¿Qué es para ti el medio ambiente?

- ☐ La suma del conjunto de seres vivos y de elementos no vivos en equilibrio natural.
- ☐ El conjunto de seres vivos y no vivos, relacionados de una forma que parece organizada, de los cuales dependemos.
- ☐ El lugar en el que el conjunto de seres vivos y elementos no vivos se relacionan sin organización aparente.
- ☐ El conjunto de recursos vivos y no vivos que tienen utilidad para el ser humano.

4. La Ecología es:

- ☐ Un componente del medio que permite funcionar al medio ambiente.
- ☐ Una ciencia que se ocupa del estudio del medio ambiente.
- ☐ Un conjunto de seres vivos y elementos no vivos.
- ☐ Un movimiento social (grupo de personas) que lucha por el cuidado del medio ambiente.

5. El Ecosistema es:

- ☐ El lugar donde habitan los seres vivos.
- ☐ El conjunto de seres vivos y elementos no vivos que hay en un lugar.
- ☐ El conjunto de seres vivos que hay en un lugar.
- ☐ El conjunto de elementos no vivos que hay en un lugar.

6. PINOS → PROCESIONARIAS → CUCOS → HALCONES  
(árbol) (oruga) (ave insectívora) (ave rapaz)

Observa la anterior secuencia de alimentación entre especies y explica ¿Qué sucedería a los pinos, procesionarias y halcones si una enfermedad afecta a los cucos haciéndolos desaparecer?

- Aumentaría el número de: ☐ Pinos ☐ Procesionarias ☐ Halcones
- Disminuiría el número de: ☐ Pinos ☐ Procesionarias ☐ Halcones
- ☐ Los halcones se alimentarían de procesionarias y no ocurriría nada más.
  - ☐ Al final terminarían por desaparecer todos.

**ILUSTRACIÓN 6.** Prueba Inicial (P.I.) sobre contenidos conceptuales de ecología.

Algunas respuestas de esta P.I. se han creado específicamente para esta investigación y otras se han diseñado modificando parcialmente las concepciones encontradas en la bibliografía:

- Pregunta 1 (Astudillo & Gene, 1984; García Zaforas, 1991; Waheed & Lucas, 1992; García & García, 1992; De Manuel & Grau, 1996).
- Pregunta 2 (M.E.C., 1995; Fernández & Casal, 1995; De Manuel & Grau, 1996; Marcén, Fernández & Hueto, 2002).
- Pregunta 3 (Astolfi, 1987; García, 1992 y 1995).
- Pregunta 5 (García, 1992).
- Pregunta 6 (García, 1992; Fernández & Casal, 1995; De Manuel & Grau, 1996).

Las cinco primeras preguntas sólo poseen una respuesta correcta de entre sus cuatro opciones, así pues los datos se obtienen mediante el recuento de las frecuencias de éstas en la selección de los alumnos.

La sexta cuestión se evalúa en tres niveles para la obtención de los datos:

- Nivel 0: Respuesta “falsa”, de nula o muy baja resolución por dar respuestas conceptualmente incoherentes o erróneas.
- Nivel 1: Respuesta “regular”, de resolución media, con aciertos y errores o ausencia de conocimientos que impiden una valoración totalmente correcta.
- Nivel 2: Respuesta “verdadera” y correcta a la luz de los conocimientos de la materia.

En el Capítulo 4 de “Resultados”, en su Apartado 4.1, se analiza la P.I. y se tratan de detectar las concepciones alternativas de los GEXP y GCON en el momento inicial de la investigación, así como su coherencia con los datos recogidos en la bibliografía.

### **Prueba Final 1 (P.F.1) de evaluación de la Unidad Didáctica**

La Prueba Final 1 (P.F.1) se corresponde con el examen escolar. Se emplea para comprobar el aprendizaje realizado por los alumnos sobre los contenidos de la UD de 2º de ESO "Materia y Energía en los Ecosistemas". Fue el mismo para todos los alumnos de 2º de ESO del I.E.S. Gabriel García Márquez, tanto para los alumnos del GEXP como para los del GCON de la presente investigación. Por tanto, los contenidos a evaluar debían ser los mismos, ya que todos los alumnos poseían el mismo libro de texto (Barrio, Bermúdez, Faure & Gómez, 2003) y debían haber tratado los mismos contenidos sobre esta UD. A continuación se muestra la P.F.1 (Ilustración 7) administrada tras la UD de ecología a ambos grupos. En ella se muestra la calificación máxima sobre 10 que los alumnos pueden obtener en cada pregunta, pero no se corresponde con el valor asignado para su evaluación en esta investigación.



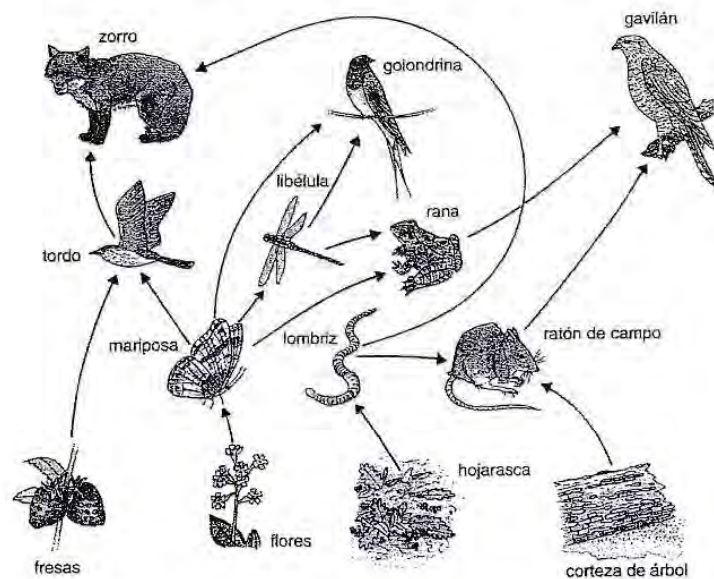
## EXAMEN 2º E.S.O. ECOLOGÍA

Nombre completo:

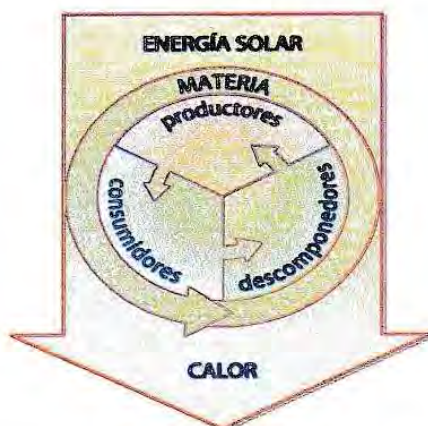
Curso:

Nota:

1. ¿Qué relación existe entre Biotopo, Biocenosis y Ecosistema? (1 punto)
2. Define: (2 puntos)
  - a. Factores Bióticos. Cita cuatro ejemplos.
  - b. Factores Abióticos. Cita cuatro ejemplos.
  - c. Nicho ecológico.
  - d. Nivel trófico.
3. Problema: En el Bosque mediterráneo se reconocen estas relaciones alimenticias entre seres vivos, pero últimamente han desaparecido las libélulas. ¿Cuál puede ser la causa y cómo lo investigarías? (2 puntos)



4. Explica el siguiente esquema de la energía y la materia en los ecosistemas: (2 puntos)



5. Explica las repercusiones que tendría en un ecosistema la desaparición de: (2 puntos)
  - a. Todos los Productores.
  - b. Todos los Consumidores.
  - c. Todos los Descomponedores.
  - d. La Energía Solar.
6. ¿Qué es la Biomasa? Explica si toda la biomasa de los productores pasa a los consumidores. (1 punto)

**ILUSTRACIÓN 7. Prueba Final 1 (P.F.1) de conceptos y procedimientos de ecología.**



Los contenidos de esta P.F.1 fueron seleccionados previamente en común acuerdo por los docentes de ambos grupos de alumnos aunque secuenciados y trabajados con metodologías diferentes. Así sería posible que, del posterior análisis de la resolución del examen por los alumnos del GEXP y del GCON, se pudiesen extraer conclusiones de las ventajas o problemas de una u otra metodología.

Este examen fue elaborado por la profesora del GCON y consensuado con el profesor-investigador.

Su diseño se realizó de forma que los aspectos abordados se correspondiesen en parte con los planteados en la P.I. para posibilitar la comparación de los mismos. No obstante, sus preguntas se enuncian de forma diferente para que las respuestas de los alumnos sean de redacción libre y su análisis permita profundizar más en sus concepciones.

Las cuestiones 1, 2 y 6 son preguntas dirigidas a que los alumnos definan los conceptos relevantes de esta materia de estudio.

La cuestión 3 es un problema habitual en ecología, relacionado con la comprensión de las cadenas tróficas y las redes tróficas.

La cuestión 4, aunque en realidad también está refiriéndose a definiciones, precisa de la interpretación de un dibujo-esquema que aparecía en su libro de texto (Barrio, Bermúdez, Faure & Gómez, 2003). No obstante, implica la comprensión de conceptos importantes como los ciclos de la materia y el flujo de energía en los ecosistemas.

Por último, la cuestión 5 requiere comprender conceptos también imprescindibles como los de productores, consumidores y descomponedores para luego poder explicar las consecuencias de su desaparición.

La evaluación de las cuestiones analizadas para la obtención de los datos de esta investigación se ha efectuado describiendo tres niveles de resolución:

- Nivel 0: Respuesta “falsa”, de nula o muy baja resolución por dar respuestas conceptualmente incoherentes o erróneas.
- Nivel 1: Respuesta “regular”, de resolución media, con aciertos y errores o ausencia de conocimientos que impiden una valoración totalmente correcta.
- Nivel 2: Respuesta “verdadera” y correcta a la luz de los conocimientos de la materia.

## **Prueba Final 2 (P.F.2)**

La Prueba Final 2 (P.F.2) se corresponde con un cuestionario de evaluación de contenidos de ecología aplicado a los alumnos tras varios meses de finalizado el proceso de enseñanza-aprendizaje, para comprobar si persisten en el tiempo los aprendizajes realizados sobre la UD "Materia y Energía en los Ecosistemas".

Se implementó con todos los alumnos, tanto para los del GEXP como para los del GCON. Los contenidos a evaluar tenían que ser los mismos, ya que todos los alumnos debían haberlos tratado en esta UD.

Esta P.F.2 fue diseñada por el profesor-investigador de forma que incluyese todas las preguntas de opción múltiple planteadas en la P.I. para posibilitar la comparación de las mismas.

Está compuesta, además, por cuestiones de opción múltiple con los contenidos de ecología que se trabajan en la unidad y que interesaba conocer la persistencia en el tiempo de los aprendizajes realizados. También hay preguntas de respuesta abierta e incluso una situación problemática habitual en ecología para analizar cómo la resuelven los alumnos de ambos grupos, GEXP y GCON.

En las preguntas de opción múltiple, sólo hay una respuesta correcta de entre sus cuatro opciones, en ellas los datos se obtienen mediante el recuento de las frecuencias de éstas en función de la selección de los alumnos.

Las cuestiones de respuesta abierta se evalúan en tres niveles para la obtención de los datos:

- Nivel 0: Respuesta “falsa”, de nula o muy baja resolución por dar respuestas conceptualmente incoherentes o erróneas.
- Nivel 1: Respuesta “regular”, de resolución media, con aciertos y errores o ausencia de conocimientos que impiden una valoración totalmente correcta.
- Nivel 2: Respuesta “verdadera” y correcta a la luz de los conocimientos de la materia.

A continuación, en la Ilustración 8 se muestra la Prueba Final 2 empleada al inicio del curso siguiente 2004-2005, seis meses después de la UD de ecología.

Nombre completo: .....Curso: .....¿Repetidor?.....

**1. ¿Con cuál de estas frases estás más de acuerdo?**

- ☐ Respirar es para los animales lo que la fotosíntesis para los vegetales.
- ☐ La respiración es un proceso para obtener energía.
- ☐ Las Mitocondrias son para los animales lo que los Cloroplastos para los vegetales.
- ☐ Respirar es tomar y expulsar aire, es decir, intercambiar gases con el ambiente.

**2. ¿Con cuál de las siguientes afirmaciones estás más de acuerdo?**

- ☐ Una "Población" es un conjunto de individuos de la misma "Especie" que habitan lugares diferentes.
- ☐ Una "Población" es un conjunto de individuos de diferentes "Especies" que habitan en un lugar determinado.
- ☐ Una "Especie" es un conjunto de individuos de la misma o diferentes "Poblaciones", que se reproducen entre sí, tienen descendencia fértil y pueden habitar lugares diferentes.

**3. ¿Cuál de estas afirmaciones te convence más respecto al concepto "Suelo"?**

- ☐ Se fertiliza con sustancias originadas por la descomposición y putrefacción de excrementos y organismos muertos debido al paso del tiempo y a los fenómenos meteorológicos.
- ☐ Pierde fertilidad con el tiempo y sólo la recuperará si es abonado por los humanos.
- ☐ Se fertiliza con sustancias originadas por los microorganismos al descomponer excrementos y organismos muertos.
- ☐ Posee sales minerales cuya cantidad no es fácil que varíe por la influencia de los seres vivos.

**4. Según tu idea de la "Adaptación de los seres vivos a su ambiente", ¿con qué afirmación te quedas?**

- ☐ Cualquier organismo, con el tiempo, se puede adaptar a comer otras cosas o a soportar variaciones ambientales.
- ☐ Es el conjunto de la especie la que se adapta o no, manteniéndose los individuos mejor preparados y su descendencia.
- ☐ No es la especie la que se adapta al ambiente, sino el ambiente el que provoca que una especie quede adaptada o no.

**5. ¿Qué es para ti el medio ambiente?**

- ☐ La suma del conjunto de seres vivos y de elementos no vivos en equilibrio natural.
- ☐ El conjunto de seres vivos y no vivos, relacionados de una forma que parece organizada, de los cuales dependemos.
- ☐ El lugar en el que el conjunto de seres vivos y elementos no vivos se relacionan sin organización aparente.
- ☐ El conjunto de recursos vivos y no vivos que tienen utilidad para el ser humano.

**6. La Ecología es:**

- ☐ Un componente del medio que permite funcionar al medio ambiente.
- ☐ Una ciencia que se ocupa del estudio del medio ambiente.
- ☐ Un conjunto de seres vivos y elementos no vivos.
- ☐ Un movimiento social (grupo de personas) que lucha por el cuidado del medio ambiente.

**7. Ordena de menos a más complejidad: Bioma, Ecosfera, Especie, Ecosistema, Biosfera, Población, Individuo, Biocenosis**

**8. Entre los diversos Factores Abióticos podemos citar estos cuatro:**

- ☐ Composición del suelo, luz, humedad y presión.
- ☐ Temperatura, luz, búsqueda de alimento y salinidad del agua.
- ☐ Temperatura, humedad, abundancia de oxígeno y cooperación entre animales.
- ☐ Parasitismo entre especies, luz, humedad y composición del suelo.

**9. El Ecosistema es:**

- ☐ El lugar donde habitan los seres vivos.
- ☐ El conjunto de seres vivos y elementos no vivos de un lugar, así como sus múltiples interrelaciones.
- ☐ El conjunto de seres vivos de un lugar y sus interrelaciones (asociaciones, competencia, depredación, parasitismo, etc.).
- ☐ El conjunto de elementos no vivos de un lugar y sus interrelaciones (erosión, clima, factores físico-químicos, etc.).
- ☐ ¿Te acuerdas de otra?.....

**ILUSTRACIÓN 8 (1/2). Prueba Final 2 (P.F.2) de conceptos y procedimientos de ecología.**

10. ¿Qué son los Niveles Tróficos?.....

11. Cualquier ecosistema se caracteriza por tener:

- ☐ Un flujo unidireccional de materia y energía.
- ☐ Un ciclo constante de materia y energía.
- ☐ Un flujo unidireccional de energía y un ciclo de materia.
- ☐ Un flujo unidireccional de materia y un ciclo de energía.

12. ¿Se puede extraer energía de la Biomasa? ☐ Sí ☐ No ¿Qué es la "Biomasa"?

- ☐ Es toda la materia inorgánica de un ecosistema o nivel trófico.
- ☐ Es toda la materia orgánica e inorgánica de un ecosistema o nivel trófico.
- ☐ Es toda la materia orgánica viva (seres vivos) de un ecosistema o nivel trófico.
- ☐ Es toda la materia orgánica no viva (excrementos, cadáveres, etc.) de un ecosistema o nivel trófico.

13. ¿Qué es un Ciclo Biogeoquímico? Indica los ejemplos que conozcas:.....

- ☐ Es el reciclaje continuo de sustancias orgánicas que circulan por los seres vivos.
- ☐ Es el reciclaje continuo de sustancias inorgánicas que circulan por los seres vivos.
- ☐ Es el reciclaje continuo de sustancias inorgánicas que circulan por el medio físico.
- ☐ Es el reciclaje continuo de sustancias inorgánicas que circulan por el medio físico y por los seres vivos.

14. **PINO** → **PROCESIONARIA** → **CUCO** → **HALCÓN**  
 (árbol) (oruga) (ave insectívora) (ave rapaz)

¿Cómo se le llama a este tipo de secuencias? .....

¿qué sucedería a los pinos, procesionarias y halcones si una enfermedad afecta a los cucos haciéndolos desaparecer?

Aumentaría el número de: ☐ Pinos ☐ Procesionarias ☐ Halcones

Disminuiría el número de: ☐ Pinos ☐ Procesionarias ☐ Halcones

- ☐ Los halcones se alimentarían de procesionarias y no ocurriría nada más.
- ☐ Desaparecerían los halcones.
- ☐ Al final terminarían por desaparecer todos.

Indica todos los organismos "Productores" de la secuencia: .....

Indica todos los organismos "Consumidores" de la secuencia: .....

Indica todos los organismos "Descomponedores" de la secuencia: .....

15. ¿Qué entiendes por "Problema ambiental"?

- ☐ Transformaciones en el medio físico o en los seres vivos, de origen humano o natural, que generan problemas a humanos y a otros seres vivos.
- ☐ Transformaciones en el medio físico, de origen humano o natural, que generan problemas a humanos y a otros seres vivos.
- ☐ Transformaciones en el medio físico, de origen humano, que generan problemas a humanos y a otros seres vivos.
- ☐ Transformaciones en el medio físico, de origen natural, que generan problemas a humanos y a otros seres vivos.

16. Marca todos los problemas ambientales que encuentres en la siguiente lista:

<input type="checkbox"/> Extinción del oso panda	<input type="checkbox"/> Vertido de petróleo al mar	<input type="checkbox"/> Agujero de la capa de ozono	<input type="checkbox"/> SIDA
<input type="checkbox"/> Pérdida de suelo por erosión	<input type="checkbox"/> Efecto invernadero	<input type="checkbox"/> Enfermedad de las vacas locas	<input type="checkbox"/> Desertización
<input type="checkbox"/> Superpoblación humana	<input type="checkbox"/> Radioactividad	<input type="checkbox"/> Acumulación de basuras	<input type="checkbox"/> Lluvia ácida

17. RESUELVE EL SIGUIENTE PROBLEMA EN EL OTRO FOLIO:

Eres un ecólogo responsable de un Bosque Mediterráneo en el que han desaparecido todas las especies de ranas.  
 ¿Cómo actuarías?

**ILUSTRACIÓN 8 (2/2).** Prueba Final 2 (P.F.2) de conceptos y procedimientos de ecología.

### 2.7.3. Prueba diseñada y análisis de datos para dar respuesta a los interrogantes e hipótesis relacionada con las actitudes frente a la MRPI

Las actitudes de los alumnos sobre la propia MRPI se indagan con un cuestionario diseñado para dar respuesta al quinto interrogante, relacionado con la satisfacción de los alumnos del GEXP en relación a la metodología y al proceso de enseñanza-aprendizaje llevado a cabo. También se investiga su posible relación con los resultados obtenidos en las pruebas de evaluación para dar respuesta al sexto interrogante y su hipótesis 3 ( $H_3$ ) derivada. El objetivo es comprobar si los alumnos reconocen y valoran con satisfacción diferentes aspectos sobre la MRPI y si esta forma de trabajar en el aula les resulta positiva para el aprendizaje de las ciencias y para la resolución de problemas en general.

El cuestionario empleado, Ilustración 9, se compone de 12 cuestiones, tipo Likert, similar a los ya utilizados por otros investigadores del equipo en Física (Varela, 1992), Genética (Ibáñez, 2005) y Química (Bárcena, 2015), y que se ha modificado aquí para el estudio en ecología. Cada cuestión se puntúa en una escala de cinco valores (1 a 5) y dispone de un espacio en blanco para ampliar las respuestas. De este cuestionario se realiza un análisis descriptivo que trata de profundizar en los aspectos metodológicos de la MRPI. Se ha confeccionado en torno a cuatro organizadores:

- **Características de la MRPI.** Son preguntas relacionadas con impresiones sobre esta forma de trabajar, su nivel de dificultad, su potencial para favorecer el aprendizaje de conceptos y la adquisición de destrezas científicas, etc. Las cuestiones 1, 2, 3, 4 y 5 son las que engloban este aspecto.
- **Metodología de trabajo.** Esta temática junto con el papel del profesor se aborda en las preguntas 7 y 11.
- **Autoconfianza del alumno.** Respecto a la influencia que puede tener la MRPI en la confianza de los alumnos para la resolución de problemas y en su actitud hacia las ciencias tratan las preguntas 6, 10 y 12.
- **Transposición de conocimientos.** Finalmente, los ítems 8 y 9 se refieren a la percepción que tienen los alumnos sobre la posible aplicación de la MRPI a otras materias científicas y a la vida cotidiana.

Los resultados se obtienen mediante la descripción y análisis de los porcentajes de las respuestas dadas por el GEXP en cada una de las cuestiones y de los porcentajes obtenidos siguiendo las pautas de investigaciones semejantes (Ibáñez, 2005; Bárcena, 2015), analizando de forma agrupada los resultados de las dos opciones más desfavorables (1 y 2) y las dos opciones más favorables (4 y 5). También se hace un análisis cuantitativo comparando dos grupos de igual tamaño al 50% de los alumnos del GEXP, los que seleccionan las mejores valoraciones respecto a la MRPI (alumnos con más alta satisfacción) y los que seleccionan las peores valoraciones (alumnos con más baja satisfacción), respecto a sus resultados en las preguntas de la P.F.1.

Nombre completo:..... Edad:..... Curso:..... ¿Repetidor?.....

- ¿Cómo te parece la forma de resolver los problemas que has empleado en esta asignatura?

**ABURRIDA      1      2      3      4      5      INTERESANTE**

¿Por qué? .....
- ¿Cómo te parece esta forma de resolver los problemas?

**DIFÍCIL      1      2      3      4      5      FÁCIL**

¿Por qué? .....
- ¿Te ha ayudado esta forma de resolver los problemas a aprender conceptos de Ecología?

**POCO      1      2      3      4      5      MUCHO**

¿Por qué? .....
- ¿Te ha ayudado esta forma de resolver los problemas a familiarizarte con el trabajo de los científicos?

**POCO      1      2      3      4      5      MUCHO**

¿Por qué? .....
- ¿Te ayuda esta forma de resolver los problemas a resolver otros tipos de problemas que aparecen en el libro?

**POCO      1      2      3      4      5      MUCHO**

¿Por qué? .....
- ¿Te ayuda esta forma de resolver los problemas a sentirte más capaz de resolver otros problemas que te parezcan en principio desconocidos?

**NO      1      2      3      4      5      SI**

¿Por qué? .....
- ¿Cómo te ha resultado la ayuda que has recibido del profesor para aprender a resolver los problemas?

**INÚTIL      1      2      3      4      5      MUY ÚTIL**

¿Por qué? .....
- ¿Te puede ayudar esta forma de resolver los problemas a resolver situaciones en tu vida cotidiana (salud, familia, etc.)?

**POCO      1      2      3      4      5      MUCHO**

¿Por qué? .....
- ¿Crees que esta forma de resolver los problemas te puede ser útil para resolver problemas de otras asignaturas como los de Matemáticas o los de Física y Química de esta misma asignatura?

**POCO      1      2      3      4      5      MUCHO**

¿Por qué? .....
- ¿Te ha despertado algún interés esta forma de resolver los problemas respecto a lo que es la Biología y las ciencias en general?

**NO      1      2      3      4      5      SI**

¿Por qué? .....
- ¿Cómo te ha resultado esta forma de desarrollar las clases de Ecología?

**INADECUADA      1      2      3      4      5      ADECUADA**

¿Por qué? .....
- Esta forma de trabajar, ¿ha aumentado tu confianza para resolver problemas?

**POCO      1      2      3      4      5      MUCHO**

¿Por qué? .....

**ILUSTRACIÓN 9.** Cuestionario de valoración actitudinal sobre la MRPI.

## 2.8. Momentos para la recogida de la información del trabajo en el aula con los instrumentos diseñados para la investigación

La necesidad de recoger datos e información necesaria para un análisis posterior de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje conllevaba la aplicación de los instrumentos en diferentes momentos durante la fase experimental de esta investigación. Dichos momentos se muestran en la Tabla 4. Las pruebas comunes para ambos grupos se aplicaron de forma simultánea.

<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>GRUPO CONTROL</b>	<b>GRUPO EXPERIMENTAL</b>
<b>Prueba Inicial (P.I.)</b>	Previa a la UD	Previa a la UD
<b>Situaciones problemáticas de ecología</b>	No realizada	Durante la UD
<b>Prueba Final 1 (P.F.1) – Examen de la UD</b>	Al concluir la UD	Al concluir la UD
<b>Cuestionario de valoración de la MRPI</b>	No realizada	Al concluir la UD
<b>Prueba Final 2 (P.F.2)</b>	Pasados 6 meses de la UD	Pasados 6 meses de la UD

***TABLA 4.** Momento de aplicación de las diferentes pruebas durante la Fase Experimental al GEXP y GCON.*

La P.I. y la P.F.1 son implementadas a cada grupo de alumnos por sus respectivos profesores responsables, antes y después de la UD.

La P.F.2 fue distribuida a todos los alumnos de 3º ESO con la intención de lograr aplicar la prueba al máximo número de los alumnos de cada grupo (GEXP y GCON) que participaron el curso anterior en la investigación. De esta tarea se ocupó la profesora del GCON pues el profesor-investigador ya no se encontraba destinado en dicho centro escolar.

## 2.9. Técnicas de análisis de resultados

La investigación realizada, como ya se comentó anteriormente, se enmarca dentro del conjunto de las investigaciones educativas. Este tipo de estudios presentan un matiz de investigación social con todas sus características y utilizan técnicas de análisis tanto cualitativas como cuantitativas en función de los objetivos de la investigación.

Los análisis de tipo cualitativo se han aplicado para interpretar y valorar los conocimientos y razonamientos de los alumnos. Han sido utilizados en la valoración de los niveles de resolución de cada una de las dimensiones competenciales de las situaciones problemáticas planteadas, y en el análisis de las cuestiones de la prueba inicial, las pruebas finales y el cuestionario sobre la MRPI donde se debían extraer los conocimientos de los estudiantes por tratarse de cuestiones de respuesta abierta. Por

ejemplo, para contrastar la hipótesis 3 ( $H_3$ ) se analizarán los porcentajes (%) en las respuestas de los alumnos.

Los análisis de tipo cuantitativo, se han basado en el tratamiento estadístico de los datos obtenidos por los estudiantes en las distintas pruebas. Las hipótesis a contrastar, las muestras de los alumnos implicados y el tipo de datos recogidos determinarán los estadísticos más adecuados para su análisis.

Los análisis estadísticos se han realizado con el programa IBM SPSS Statistics 21, de forma no paramétrica debido al tamaño de la muestra. Los estadísticos o técnicas de análisis que se han elegido para la contrastación de las hipótesis planteadas han sido:

- **Test de la U de Mann-Whitney.** Este estadístico se utiliza cuando se desea comparar los resultados obtenidos por dos grupos pequeños de sujetos (inferior a 30 casos por grupo) e independientes (por ejemplo, hombres y mujeres, grupo de control y experimental, etc.). También se utiliza cuando la variable dependiente objeto de estudio tiene naturaleza ordinal compuesta por datos cualitativos o cuando no se distribuye de forma normal. La hipótesis nula que se contrasta será “no existen diferencias significativas en las distintas variables dependientes (Prueba Inicial) en función de la variable independiente (GCON vs GEXP)” frente a la hipótesis alternativa “sí existen diferencias significativas en las distintas variables dependientes (Prueba Inicial) en función de la variable independiente (GCON vs GEXP)”. Lo que interesa en el estudio inicial para contrastar la hipótesis 0 ( $H_0$ ) es aceptar la hipótesis nula, es decir, que ambos grupos sean homogéneos y no haya diferencias entre ellos en su estado inicial antes del proceso de enseñanza-aprendizaje. Para ello, se asume que la probabilidad debe superar el 0,05 ( $p < 0,05$ ). También se utilizará este estadístico para contrastar las diferencias finales sobre los conocimientos en diferentes pruebas entre el GEXP y el GCON, pero en este caso lo que interesa es rechazar la hipótesis nula, es decir, que al finalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje ambos grupos no sean homogéneos y comprobar si el GEXP obtiene resultados significativamente mejores frente al GCON. Se empleará para contrastar las hipótesis 1 ( $H_1$ ) y la hipótesis 2.2 ( $H_{2.2}$ ). Incluso se utilizará este estadístico para contrastar la hipótesis 3 ( $H_3$ ) al extraer mayor información de las respuestas de los alumnos del cuestionario sobre la MRPI mediante la comparación entre dos grupos de alumnos del GEXP, un grupo de “baja satisfacción” que valoran peor la MRPI frente a un grupo de “alta satisfacción” que la valoran mejor, ambos respecto a sus calificaciones en la P.F.1.
- **Test de rangos señalados y pares igualados de Wilcoxon.** Es un estadístico que se utiliza cuando se desea comparar los resultados obtenidos por dos grupos de sujetos relacionados (normalmente se comparan los resultados de los mismos sujetos en diferentes momentos en un pretest y un posttest) y cuando la variable dependiente objeto de estudio no es cuantitativa sino que tiene naturaleza ordinal. La hipótesis nula que se contrasta es que los resultados entre los dos grupos, GEXP y GCON, sean homogéneos, es decir, “no existen diferencias significativas entre las puntuaciones de la prueba pretest y la posttest”, frente a la hipótesis alternativa de que “sí existen diferencias significativamente mejores en el GEXP



que en el GCON entre las dos pruebas”. El contraste estadístico se lleva a cabo de forma comparada para el grupo control y el experimental. La significatividad debe ser inferior a 0,05 para afirmar que hay diferencias entre pretest y postest. Se utilizará para contrastar la hipótesis 2.1. ( $H_{2.1}$ ) y así comparar los conocimientos conceptuales de ecología de unas cuestiones de la Prueba Inicial (P.I.) con los mismos conocimientos conceptuales de otras cuestiones de la Prueba Final 1 (P.F.1). Además, se aplica para contrastar la hipótesis 2.3. ( $H_{2.3}$ ) y así analizar la persistencia en el tiempo del cambio conceptual sobre contenidos de ecología presente en cuestiones de la Prueba Final 1 con los mismos conocimientos conceptuales de otras cuestiones de la Prueba Final 2 (P.F.2), transcurridos unos seis meses tras la finalización del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para terminar este Capítulo 2 sobre el diseño de la investigación, finalmente se presenta la Tabla 5 que resume la información necesaria para el seguimiento de los análisis. En ella se relacionan los interrogantes y sus hipótesis derivadas a contrastar, lo que se quiere comprobar, instrumentos empleados, grupos afectados y los análisis descriptivos y cuantitativos a realizar.

Interrogantes e Hipótesis		Comprobación	Instrumentos	Grupos	Análisis
Primero - H <sub>0</sub>		Homogeneidad	P.I.	GEXP GCON	U de Mann-Whitney Descriptivo
Segundo		Cambio de capacidades	Situaciones problemáticas de MRPI	GEXP	Descriptivo
Tercero - H <sub>1</sub>		Cambio de capacidades	Problema en P.F.1	GEXP GCON	U de Mann-Whitney Descriptivo
Cuarto H <sub>2</sub>	H <sub>2.1</sub>	Cambio conceptual	P.I. y P.F.1	GEXP	Wilcoxon Descriptivo
	H <sub>2.2</sub>	Cambio conceptual	P.F.1	GEXP GCON	U de Mann-Whitney Descriptivo
	H <sub>2.3</sub>	Persistencia en el tiempo	P.F.1 y P.F.2	GEXP GCON	Wilcoxon Descriptivo
Quinto - H <sub>3</sub>		Actitud hacia la MRPI	Cuestionario MRPI	GEXP	Descriptivo
Sexto					U de Mann-Whitney

**TABLA 5.** Relación entre interrogantes, hipótesis, comprobación a realizar, instrumentos empleados, grupos afectados y análisis realizados.

## **CAPÍTULO 3**

**¿Cómo se ha diseñado la Unidad Didáctica de ecología y cómo se ha desarrollado en el aula?**



En este capítulo se describe de forma minuciosa el diseño de la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas” una vez que ha quedado perfectamente definido todo el diseño de la investigación según el marco teórico sobre el que se rige el presente trabajo. Para describir el diseño de la UD se necesita exponer el porqué de la elección de esta UD y su justificación en el currículo escolar en el momento del diseño y desarrollo experimental de la investigación, pero también sus variaciones en función de las modificaciones del currículo originados por cambios en la legislación educativa. Se consideran todos los elementos que deben aparecer en una UD haciendo especial hincapié en los contenidos a tratar con los alumnos y se plantean las situaciones problemáticas con las que se pretende trabajar dichos contenidos con los alumnos del GEXP. Se explica minuciosamente cómo se desarrolla la UD en el aula, desde la toma de contacto del GEXP con la MRPI hasta su trabajo individual y en grupos. Finalmente se detalla el calendario con la secuencia de actuaciones, tanto del GEXP como del GCON, y se describe la coordinación entre el profesorado de ambos grupos.

### **3.1. Elección de la Unidad Didáctica y su justificación curricular**

La elección de la UD "Materia y Energía en los Ecosistemas" se debe a varios factores relacionados con diferentes aspectos.

Respecto a la motivación que pueden generar en las personas los contenidos que en ella se tratan:

- Es de gran carga emotiva para los estudiantes, al estudiar la naturaleza y otros seres vivos, y de candente actualidad, al tratar algunos problemas ambientales. Todos estos aspectos pueden influir en la motivación del alumnado.
- El especial gusto y motivación que el profesor-investigador posee por todo lo relacionado con la ecología debido a su formación en Biología, especializado en Biología Ambiental.

Por la importancia de sus contenidos para la comprensión del mundo en el que vive la especie humana:

- Aborda conocimientos relevantes en la formación de los alumnos que les permita construir un mejor conocimiento del mundo en el que viven, una visión más real de las complejas relaciones que en él se producen, así como el papel que los alumnos juegan en él. Es decir, potencia una visión más biocéntrica, dinámica y compleja del mundo como se comenta en el Apartado 3.2.2. de las concepciones alternativas sobre ecología.
- Potencia la construcción de valores, actitudes y comportamientos ambientalmente correctos y útiles a corto, medio y largo plazo para favorecer una salud ambiental y social que repercuta directamente en la salud de los individuos.

En relación a la dificultad y complejidad de algunos de sus conceptos para la comprensión de esta materia de estudio, así como su contribución a la comprensión de otras materias:

- Requiere la integración de la mayoría de conocimientos tratados en el área de Ciencias de la Naturaleza de estos cursos iniciales de ESO. Esto dificulta en gran medida su comprensión, pero se presenta como una UD resumen que sirve de repaso de todos esos conocimientos e incluso como "vertebradora o estructurante" que puede servir de hilo conductor a todo el currículo de Ciencias de la Naturaleza de la ESO.
- Introduce conocimientos (sistema, interacción, organización, diversidad, etc.) útiles a otras disciplinas, dado su carácter estructurante (García, 1988).
- Requiere para su comprensión una importante capacidad de abstracción, pensamiento formal avanzado según la terminología piagetiana (Shayer & Adey, 1984), caracterizada por establecer relaciones complejas entre elementos. Nivel de pensamiento que están desarrollando en esta etapa los estudiantes, por lo que el tratamiento de esta UD potenciará su desarrollo al tener que entrenar este tipo de relaciones. Aunque el pensamiento formal sólo se desarrolle en el campo que se trabaje (Pozo & Gómez Crespo, 1998), se considera prioritario su desarrollo al condicionar a otros campos de estudio. No obstante, esta dificultad puede ser superada por medio de las "transposiciones didácticas" o los "niveles de formulación" que proponen Chevallard y Giordán respectivamente (Chevallard, 1985; Giordán, 1987).

E incluso por la curiosidad y necesidad de crear recursos didácticos sobre ecología con la metodología MRPI:

- La ausencia de materiales didácticos sobre ecología elaborados con la metodología aquí propuesta, la MRPI. Sí existen materiales elaborados sobre Física, Química y Genética, campos de conocimiento que cuentan con algoritmos que facilitan enormemente la resolución de problemas habituales con resultados exactos. Sin embargo, en ecología existen aspectos que sí pueden ser resueltos con algoritmos, pero otros muchos en los que no es posible y habrá que recurrir a la búsqueda de fuentes de información que ayuden a la resolución de las situaciones problemáticas.

Se puede reconocer que es una temática muy importante desde el punto de vista educativo por las capacidades que potencia y los conocimientos que trata, pero también porque complementará la labor que transversalmente realiza la Educación Ambiental en los currículos escolares, la cual no se puede conseguir sin el tratamiento de los conocimientos mínimos de ecología propuestos por el Ministerio de Educación. No obstante, no habrá que perder de vista que el conocimiento de estos contenidos no implica estar educado ambientalmente (García, 2002).

La ley educativa vigente durante el diseño de la investigación y el desarrollo de su Fase Experimental era la LOGSE (Ley Orgánica General del Sistema Educativo, 1990).

La elección del nivel educativo para su aplicación didáctica en un contexto escolar según el currículo establecido por el Decreto 3473/2000 de 29 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1007/1991 de 14 de junio, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la educación secundaria obligatoria (ESO), posibilitaba dos opciones para la necesaria justificación curricular:

- Introducción a estos conocimientos de ecología en el área de Ciencias de la Naturaleza de 2º de ESO.
- Un estudio más profundo de la ecología en el área de Biología y Geología de 4º de ESO.

La primera posibilidad es la que más interés suscitaba por su importancia en el establecimiento de bases conceptuales, procedimentales y actitudinales para cursos posteriores debido al carácter de asignatura troncal, obligatoria para todo alumno que curse 2º de ESO, no así para los alumnos de 4º de ESO en que los conocimientos de Biología y Geología pasan a ser optativos. Un adecuado tratamiento de esta UD podría asegurar un mejor aprovechamiento por toda la población de estudiantes de estas edades, tanto para los que sigan cursando asignaturas de ciencias como para los que no.

### **3.1.1. Selección del currículo en el momento de la investigación**

La UD de “Materia y Energía en los Ecosistemas” propuesta en la presente investigación para ser implementada mediante la MRPI pretende abordar el currículo oficial, en su objetivo general j) propuesto en el Real Decreto 3473/2000, de 29 de diciembre, en el contexto curricular de la LOGSE vigente durante el desarrollo de la fase de aplicación práctica de esta investigación:

*j) “Analizar las leyes y los procesos básicos que rigen el funcionamiento de la naturaleza, valorar las repercusiones positivas y negativas que sobre ella tienen las actividades humanas y contribuir a su conservación y mejora.”*

Dicho objetivo se busca de una manera especial a través de los contenidos que se trabajan en la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas” que se exponen en el Apartado 3.2.3.

Además, la MRPI con la que se aborda la UD, favorecerá otros objetivos generales para la etapa educativa de la ESO propuestos en dicho documento como el a), c), d), e), f), g) y k):

*a) “Comprender y producir mensajes orales y escritos con propiedad, autonomía y creatividad en castellano y, en su caso, en la lengua propia de la Comunidad Autónoma y reflexionar sobre los procesos implicados en el uso del lenguaje y la contribución de éste a la organización de los propios pensamientos.”*

*c) “Interpretar y producir con propiedad, autonomía y creatividad mensajes que utilicen códigos artísticos, científicos y técnicos, para enriquecer sus*

*posibilidades de comunicación y reflexionar sobre los procesos implicados en su uso."*

- d)"Obtener y seleccionar información utilizando las fuentes apropiadas disponibles, tratarla de forma autónoma y crítica, con una finalidad previamente establecida y transmitirla de manera organizada e inteligible."*
- e)"Elaborar estrategias de identificación y resolución de problemas en los diversos campos del conocimiento y la experiencia, mediante procedimientos intuitivos y de razonamiento lógico, contrastándolas y reflexionando sobre el proceso seguido."*
- f)"Formarse una imagen ajustada de sí mismo, teniendo en cuenta sus capacidades, necesidades e intereses para tomar decisiones, valorando el esfuerzo necesario para superar las dificultades."*
- g)"Adquirir y desarrollar hábitos de respeto y disciplina como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas educativas y desarrollar actitudes solidarias y tolerantes ante las diferencias sociales, religiosas, de género y de raza, superando prejuicios con espíritu crítico, abierto y democrático."*
- k)"Valorar el desarrollo científico y tecnológico y su incidencia en el medio físico y social, y utilizar las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en los procesos de enseñanza-aprendizaje."*

Este mismo documento (Real Decreto 3473/2000, de 29 de diciembre) propone, de forma específica para el área de Ciencias de la Naturaleza, que los contenidos deben estar orientados a la adquisición por el alumnado de las bases propias de la cultura científica, haciendo énfasis en la unidad de los fenómenos que estructuran el mundo natural y en las leyes que los rigen, para obtener una visión global y racional de nuestro entorno con la que poder abordar los problemas actuales relacionados con la vida, la salud, el medio y las aplicaciones tecnológicas. En concreto, con la UD elegida y centrada en situaciones problemáticas y en su resolución por medio de la MRPI, se trata de alcanzar los siguientes objetivos específicos para el área de Ciencias de la Naturaleza que propone este Real Decreto (la numeración se corresponde con la que aparece en dicho Real Decreto):

- 1)"Iniciarse en el conocimiento y aplicación del método científico."*
- 2)"Comprender y expresar mensajes científicos utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, así como interpretar diagramas, gráficas, tablas, expresiones matemáticas sencillas y otros modelos de representación."*
- 3)"Interpretar científicamente los principales fenómenos naturales, así como sus posibles aplicaciones tecnológicas, utilizando las leyes y conceptos de las Ciencias de la Naturaleza."*

- 4)"Participar de manera responsable en la planificación y realización de actividades científicas."
- 5)"Utilizar de forma autónoma diferentes fuentes de información, incluidas las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, con el fin de evaluar su contenido y adoptar actitudes personales críticas sobre cuestiones científicas y tecnológicas."
- 7)"Aplicar los conocimientos adquiridos en las Ciencias de la Naturaleza para disfrutar del medio natural valorándolo y participando en su conservación y mejora."
- 8)"Reconocer y valorar las aportaciones de la ciencia para la mejora de las condiciones de existencia de los seres humanos y apreciar la importancia de la formación científica."
- 9)"Entender el conocimiento científico como algo integrado, que se compartimenta en distintas disciplinas para profundizar en los diferentes aspectos de la realidad."

Interesa resaltar que la terminología empleada en la redacción de los objetivos por la Administración educativa no encaja con el marco teórico que guía la presente investigación. Términos como “adquisición” y “obtención” de conocimientos por el alumnado y "método científico" como único y exclusivo, llevan a descubrir supuestos en los que se basan otros modelos de enseñanza que se pretenden trascender con la metodología aquí propuesta desde el marco teórico constructivista desde el que se entiende el hecho educativo.

### **3.1.2. De un currículo basado en contenidos a otro basado en competencias**

Es indiscutible que en la sociedad actual, al igual que en toda sociedad pasada y futura, la educación tiene una importancia capital por los objetivos que conlleva a la hora de formar a sus ciudadanos en múltiples aspectos (capacidades básicas, sus conocimientos, destrezas, actitudes, valores, etc.). Esto se pone de manifiesto en las constantes modificaciones que sufren las leyes educativas en función del desarrollo de la sociedad e, incluso, de las intenciones de los responsables políticos en función de su signo político. De hecho, la presente investigación ha atravesado un periodo de transición entre leyes educativas de la LOGSE a la LOE (Ley Orgánica de Educación, 2006) y actualmente se está produciendo un nuevo periodo de transición entre la LOE y la LOMCE (Ley Orgánica de Mejora de la Calidad Educativa, 2013).

No obstante, el Sistema Educativo en el Estado Español se debe adaptar al marco educativo de la Unión Europea de la que es un estado miembro. El perfil que se pretende conseguir en un ciudadano europeo, que adquiera unas competencias y unos valores que favorezcan la competitividad, viene definido a través de las directrices sobre educación que hacen el Parlamento Europeo y el Consejo Europeo de Mayo de 2009 a



todos los estados miembros. Estas directrices que colocan a las competencias como el elemento principal del currículo se incluyeron ya en la transición de la LOGSE a la LOE, y se mantienen en la transición de la LOE a la LOMCE.

El currículo de la LOGSE en el que se desarrolla la fase preliminar y toda la fase experimental de esta investigación, centrado en los contenidos científicos (conceptuales, de procedimientos y de actitudes), ha sido sustituido por el currículo de la LOE basado en conocimientos y competencias. En la LOE el procedimiento para la resolución de problemas es la indagación, mientras que en la LOGSE era la investigación, seguramente por cuestiones de la terminología pues el término “indagación” no era de uso escolar. El foco de atención principal en la LOE es el alumnado y se pone más énfasis en sus conocimientos frente a los contenidos científicos, sus capacidades frente a los procedimientos científicos y sus actitudes como ciudadano frente a sus actitudes científicas. Es decir, dos puntos de vista distintos del hecho educativo pero que a efectos de la presente investigación no implica diferencias, ya que ambas formas de expresión son compatibles con la MRPI.

Las competencias vienen definidas en la LOE como “competencias básicas”, en su Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria (BOE de 5 de Enero de 2007, MEC, 2007). El aprendizaje de las competencias por el alumnado se considera imprescindible para actuar como ciudadanos, para poder desarrollar estrategias de aprendizaje que los permita formarse en el futuro y para incorporarse a la vida adulta satisfactoriamente. Así se definen las competencias básicas en dicho Real Decreto:

*“La incorporación de competencias básicas al currículo permite poner el acento en aquellos aprendizajes que se consideran imprescindibles, desde un planteamiento integrador y orientado a la aplicación de los saberes adquiridos. De ahí su carácter básico. Son aquellas competencias que debe haber desarrollado un joven o una joven al finalizar la enseñanza obligatoria para poder lograr su realización personal, ejercer la ciudadanía activa, incorporarse a la vida adulta de manera satisfactoria y ser capaz de desarrollar un aprendizaje permanente a lo largo de la vida.”* (BOE de 5 de enero de 2007, p. 685)

Estas competencias se identifican y se desglosan en ocho competencias básicas que son las siguientes (BOE de 5 de enero de 2007, p. 686):

1. Competencia en comunicación lingüística.
2. Competencia matemática.
3. Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.
4. Tratamiento de la información y competencia digital.
5. Competencia social y ciudadana.
6. Competencia cultural y artística.
7. Competencia para aprender a aprender.
8. Autonomía e iniciativa personal.

En esta investigación se busca claramente que los alumnos desarrollen la “Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico”:

*“Es la habilidad para interactuar con el mundo físico, tanto en sus aspectos naturales como en los generados por la acción humana, de tal modo que se posibilita la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y preservación de las condiciones de vida propia, de las demás personas y del resto de los seres vivos. (...) Esta competencia hace posible identificar preguntas o problemas y obtener conclusiones basadas en pruebas, con la finalidad de comprender y tomar decisiones sobre el mundo físico y sobre los cambios que la actividad humana produce sobre el medio ambiente, la salud y la calidad de vida de las personas. Supone la aplicación de estos conocimientos y procedimientos para dar respuesta a lo que se percibe como demandas o necesidades de las personas, de las organizaciones y del medio ambiente.”* (BOE de 5 de enero de 2007, p.687)

El currículo de 2º ESO, que en la LOE sí incluye expresamente estas competencias, debe contribuir a que los alumnos las desarrollen al finalizar la etapa de Educación Secundaria. Además, la MRPI con la que se trabaja en esta investigación, desarrolla habilidades propias de la competencia científica:

*“También incorpora la aplicación de algunas nociones, conceptos científicos y técnicos, y de teorías científicas básicas previamente comprendidas. Esto implica la habilidad progresiva para poner en práctica los procesos y actitudes propios del análisis sistemático y de indagación científica: identificar y plantear problemas relevantes; realizar observaciones directas e indirectas con conciencia del marco teórico o interpretativo que las dirige; formular preguntas; localizar, obtener, analizar y representar información cualitativa y cuantitativa; plantear y contrastar soluciones tentativas o hipótesis; realizar predicciones e inferencias de distinto nivel de complejidad; e identificar el conocimiento disponible, teórico y empírico) necesario para responder a las preguntas científicas, y para obtener, interpretar, evaluar y comunicar conclusiones en diversos contextos (académico, personal y social).”* (BOE de 5 de enero de 2007, p.687, MEC 2007).

Es evidente la relación que hay entre las cinco fases o dimensiones competenciales de la MRPI y la competencia científica, lo que permite reconocer el potencial educativo actual que puede aportar la MRPI y esta investigación en particular.

Durante la finalización de esta memoria se está implantando la LOMCE en los cursos de 1º y 3º de ESO y en 1º Bachillerato, lo que supone la continuidad de la vigencia de los currículos de la LOE en los cursos de 2º y 4º ESO y 2º Bachillerato hasta el año 2016/2017. Es decir, que la propuesta de esta investigación todavía es vigente para su aplicación en 2º ESO. No obstante, se puede adelantar que no podrá aplicarse en 2º de ESO durante el curso académico 2016/2017, ya que este curso de 2º de ESO se dedicará exclusivamente a conocimientos de Física y Química. El resultado es que la unidad didáctica de esta investigación sólo se podrá implementar en los cursos en los que se trabajen los contenidos de ecología, teniendo cabida en 1º y 4º de ESO.

Según los contenidos que se incluyen en la ecología de 1º de ESO sólo se podrán implementar las tres primeras situaciones problemáticas incluidas en la UD de esta investigación, ya que habría contenidos que no se contemplarían. Posteriormente, en el curso de 4º de ESO sí se podrá aplicar toda la propuesta didáctica presentada en esta memoria, incluyendo la segunda situación problemática de entrenamiento sobre “lechuzas y ratones” al tratar contenidos importantes sobre la dinámica de las poblaciones de los seres vivos. Es decir, la UD propuesta en esta investigación continuará teniendo cabida en los currículos escolares.

También en la LOMCE, como dato a constatar, desaparecerá la “*Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico*” a la que se hace referencia en la LOE para ser incluida en la “*Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología*”. Además, se volverá a hablar de “contenidos” que incluirá a los conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes. Estos aspectos, en principio, serán indiferentes para la utilidad de la investigación aquí presentada y la de los materiales aportados al profesorado para su aplicación didáctica.

Sin embargo, en el currículo de Biología y Geología (MECD, 2014) de la LOMCE, se incluye un proyecto de investigación al finalizar 3º de ESO y otro al finalizar 4º de ESO, algo que es muy positivo, que dispone de criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables. Se muestran a continuación (MECD, 2014, p.210 y 213):

#### *Contenidos:*

##### *Proyecto de investigación*

#### *Criterios de evaluación*

- 1. Planear, aplicar, e integrar las destrezas y habilidades propias de trabajo científico.*
- 2. Elaborar hipótesis, y contrastarlas a través de la experimentación o la observación y argumentación.*
- 3. Discriminar y decidir sobre las fuentes de información y los métodos empleados para su obtención.*
- 4. Participar, valorar y respetar el trabajo individual y en grupo.*
- 5. Presentar y defender en público el proyecto de investigación realizado*

#### *Estándares de aprendizaje evaluables.*

- 1.1. Integra y aplica las destrezas propias de los métodos de la ciencia.*
- 2.1. Utiliza argumentos justificando las hipótesis que propone.*

*3.1. Utiliza diferentes fuentes de información, apoyándose en las TIC, para la elaboración y presentación de sus investigaciones.*

*4.1. Participa, valora y respeta el trabajo individual y grupal.*

*5.1. Diseña pequeños trabajos de investigación sobre animales y/o plantas, los ecosistemas de su entorno o la alimentación y nutrición humana para su presentación y defensa en el aula.*

*5.2. Expresa con precisión y coherencia tanto verbalmente como por escrito las conclusiones de sus investigaciones.*

Es evidente que estos proyectos de investigación pretenden contribuir al desarrollo de la competencia científica, ya que observando los criterios de evaluación se corresponden perfectamente con las dimensiones competenciales científicas (DC) que son las fases de resolución de la MRPI. De la misma manera los estándares de aprendizaje evaluables son semejantes y coherentes con los aprendizajes que se obtienen mediante la enseñanza-aprendizaje con la MRPI. Por todo lo expuesto, la presente investigación tiene un valor especial por su perfecta adaptación al currículo LOMCE.

El desarrollo de esta tesis ha atravesado dos periodos de transición entre leyes educativas. Está claro que los tiempos cambian y las consecuencias se podrán valorar como positivas, neutras o negativas en función de los aspectos afectados, pero también es evidente que esta situación socio-política dificulta el diseño de materiales basados en una u otra ley, ya que pueden verse perturbados elementos básicos del currículo que hagan perder interés y utilidad a los materiales educativos generados, aunque no es este el caso de los materiales aquí presentados. Esta reflexión o conclusión debería ser tomada en cuenta por los responsables políticos de turno a la hora de promover o aprobar cambios sustanciales en el sistema educativo.

### **3.2. Diseño y elaboración de la Unidad Didáctica “Materia y Energía en los Ecosistemas”**

La UD "Materia y Energía en los Ecosistemas", objeto de esta investigación, aborda unos contenidos científicos relacionados con el campo de conocimientos de la ecología, así como un conjunto de contenidos relacionados con sus potencialidades educativas para la formación de ciudadanos. En conjunto, posee una serie de características que conviene resaltar, porque en base a ellas se estructura el diseño de la propuesta didáctica.

Trata los contenidos de ecología, ciencia empírica que se ocupa del estudio de los ecosistemas, es decir, del estudio de las interacciones entre los seres vivos y su ambiente. En sí misma es una ciencia donde coexisten diferentes paradigmas, posee distintas teorías provisionales, cuenta con variadas visiones del mundo y en ella se desarrollan largos debates sobre sus teorías y metodologías (Korfiatis, 2005). Incluso sus hipótesis son provisionales tanto en el ámbito científico como en el educativo

(González del Solar & Marone, 2001). Todos estos aspectos contribuyen a la complejidad que tiene su tratamiento en las aulas.

Además, como afirman Bermúdez & De Longhi (2008), *“la enseñanza de la ecología requiere considerar una complejidad de variables relacionadas características del propio objeto de conocimiento, el enfoque que se le dará y los aprendizajes que se esperan lograr”* (p.275). Es decir, es una UD que aborda múltiples contenidos interrelacionados que dificultará la construcción de conocimientos por los alumnos. La dificultad de su estudio variará, según Begon, Harper & Townsend, (1988) en función del nivel de organización que se investigue (organismos, poblaciones, comunidades, ecología del paisaje, biomas, biosfera, ecosfera). Esta dificultad también viene determinada por la comprensión de los conceptos relevantes de esta disciplina como son: las múltiples conexiones existentes en los ecosistemas, el equilibrio dinámico de los sistemas biológicos, el contexto y la escala en los que ocurren los procesos ecosistémicos y en los que se estructuran, y la complejidad e incertidumbre resultantes de las relaciones emergentes entre las partes que los constituyen (Hogan, 2002 en Bermúdez & De Longhi, 2008).

Muchas veces los contenidos ambientales se suelen reducir a una simple discusión y debate entre los alumnos y el profesor desde sus puntos de vista (Pereiro Muñoz & Jiménez Aleixandre (2001). Además, como dice García (2002) conocer conceptos científicos sobre ecología y medio ambiente no significa que los alumnos se estén educando ambientalmente. Por tanto, la ecología es una temática muy importante desde el punto de vista educativo por las capacidades que potencia y los conocimientos que trata, pero también porque complementará la labor que transversalmente realiza la Educación Ambiental en los currículos escolares, la cual no se puede realizar sin el tratamiento de los conocimientos mínimos de ecología propuestos por el Ministerio de Educación. Así lo afirman Bermúdez & De Longhi (2008) *“esta ciencia debe actuar como vigilante epistemológico de la mayoría de los contenidos que se trabajan bajo el enfoque de Educación Ambiental para no caer en un reduccionismo conceptual y curricular”* (p.275).

Esta UD tiene una gran potencialidad para el desarrollo cognitivo de los alumnos, ya que el alumnado va a tener que trabajar un conjunto de conocimientos que no son exclusivos de la ecología como son los de sistema, interacción, organización, cambio, interrelación, interdependencia, diversidad, energía, materia, información, ciclo, estructura, equilibrio, etc (Gil, Gavidia, Sanmartí, Caamaño, Albadejo, Jiménez Aleixandre, Barral & Otero, 1993), cuya adecuada comprensión e integración en su estructura del conocimiento favorecerá en gran medida la organización y construcción del conocimiento en otras disciplinas.

En este sentido esta disciplina contribuye a la transferencia, que es el proceso en el que el aprendizaje de un tema afecta a otras áreas de conocimiento (Perkins & Salomon, 1987). Es a lo que se llama "metaconocimientos" (o conocimientos metadisciplinarios) que pueden actuar como ejes integradores y orientadores de todo el conocimiento escolar (Correa, Cubero & García, 1994; García, 1997). Ese mismo punto de vista estaría en la línea que proponía Ausubel (1968) de potenciar el aprendizaje de "organizadores previos" para favorecer el aprendizaje significativo (Aliberas, Gutiérrez

& Izquierdo, 1989), los "conceptos estructurantes" propuestos por Gagliardi (1986), los "mapas conceptuales" de Novak & Gowin (1988) incluso los "principios" de Pozo & Gómez Crespo (1998). Siempre, en todos los casos, considerando y partiendo de las concepciones alternativas de los estudiantes.

Estas aportaciones, e incluso el sentido común, llevan a considerar la existencia de una jerarquía en la importancia y relevancia de los conocimientos, no sólo en los conceptuales sino también en los de procedimientos y actitudes. Para McComas (2002) la ecología permite a los alumnos aplicar y sintetizar ideas mucho más que otras disciplinas de la Biología, ya que además de aportar conocimientos también contribuye con el saber necesario para otros campos de la Biología.

El tratamiento que se da en las aulas a la ecología puede generar dificultades en su aprendizaje, por ejemplo el empleo de diferentes acepciones del concepto de "ecología" o incluso un tratamiento que centre su atención en el estudio de los problemas ambientales puede generar un rechazo hacia estos contenidos y su importancia (Bermúdez & De Longhi, 2008).

Las investigaciones en ecología parecen apoyar la idea de que los conceptos relacionados con observaciones a largo plazo y el tamaño de las muestras tomadas al azar en los sistemas biológicos son muy complejos y abstractos (Arnold, Kremer & Mayer, 2013 en Roesch, Nerb & Riess, 2015). Muchos alumnos tienen una comprensión no científica de la naturaleza de la ciencia y tienen problemas para planificar, implementar y analizar sus experimentos, pero con el tiempo se observa una mejora en su correcta comprensión y en el uso de estrategias y destrezas de razonamiento científico (Keselman, 2003 y Ehmer, 2008 en Roesch, Nerb & Riess, 2015).

Además, McBride, Brewer, Berkowitz & Borrie (2013) han comprobado que la ecología es relevante para aumentar la conciencia de los alumnos en ciertos aspectos relacionados con la validez de la experimentación con sistemas vivos complejos, y Rivard & Straw (2000) que cuando los alumnos hablan, comentan, argumentan y escriben sobre los conceptos de la ecología mejoran en su aprendizaje significativo y en la retención de dichos conceptos. Roesch, Nerb & Riess (2015) proponen que los profesores deberían invertir más tiempo y esfuerzo para aumentar las competencias de los alumnos en el área de ecología, mediante la planificación de experimentos con animales vivos o con simulaciones digitales.

Desde esta investigación se cree que su adecuado tratamiento con metodologías basadas en el cambio conceptual mediante la resolución de problemas favorecerá en gran medida la evolución de las concepciones de los alumnos desde una visión o perspectiva simple del mundo hacia otra perspectiva más compleja, global y madura que les permita comprender la realidad en que viven y desarrollar valores, actitudes y comportamientos más adecuados y responsables con el ambiente. La ecología puede permitir que los alumnos comprendan sus contenidos y se posicionen personalmente para actuar ante las problemáticas socioambientales (Castillo, García-Ruvalcaba & Martínez, 2002; Cañal de León, 2004)).

El diseño y elaboración de la UD requiere de una investigación previa del conjunto de elementos que debe incluir, ya que debe estar enmarcada en una Programación Didáctica que pueda ser utilizada en un contexto escolar real.

### **3.2.1. Elementos a tener en cuenta en el diseño de la Unidad Didáctica de ecología enmarcada dentro de una Programación Didáctica escolar**

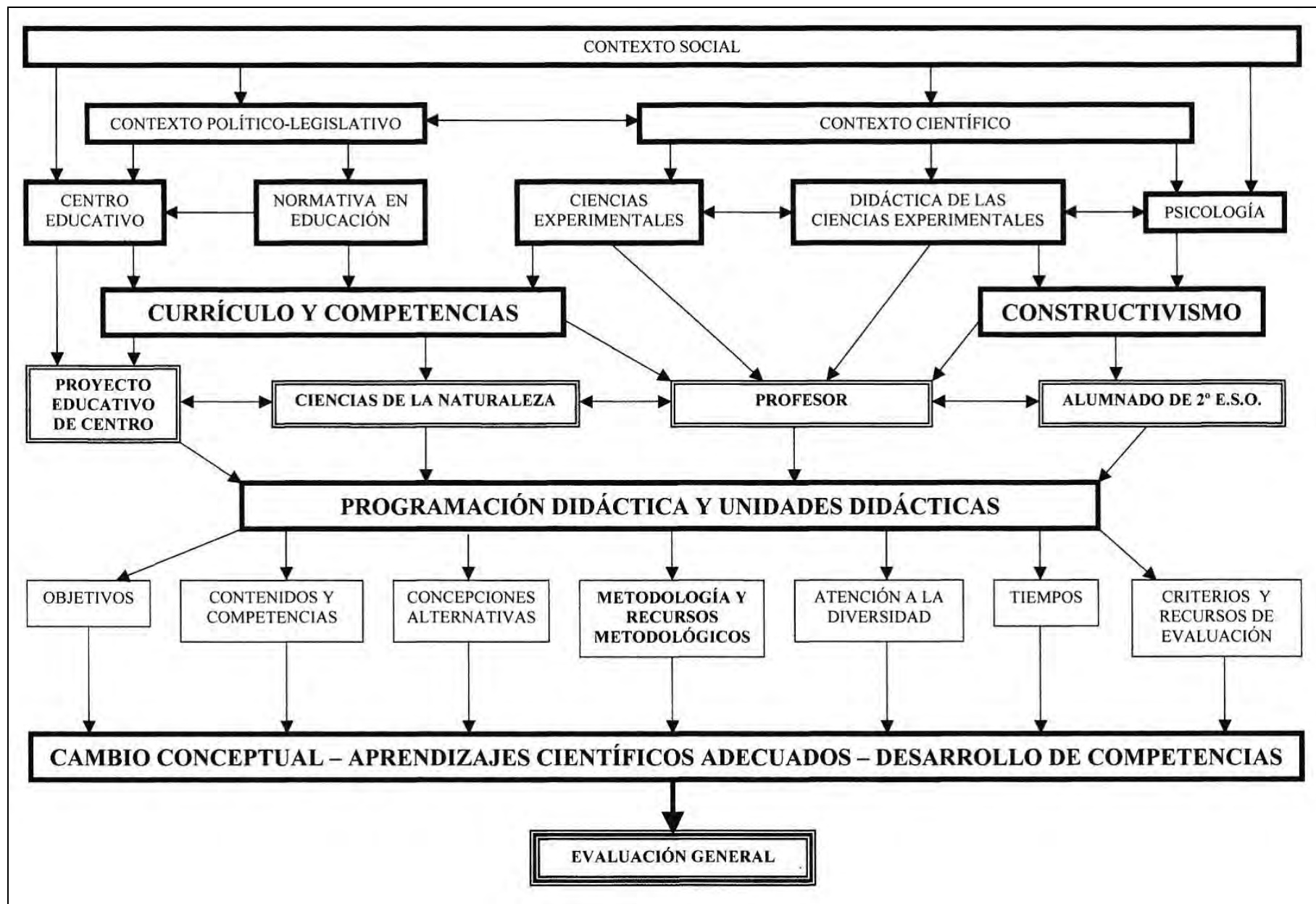
Una UD es un documento, a modo de declaración de intenciones, constituido por una serie de elementos que guiarán al profesorado en el tratamiento de las competencias y contenidos de dicha unidad, con unos objetivos, unas metodologías, unos tiempos y unos criterios de evaluación. Además, debe tener en cuenta los conocimientos didácticos actuales sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje. Pero, a su vez, dicha UD debe estar enmarcada dentro de una Programación Didáctica (PD), un documento de orden superior.

La PD es un documento elaborado para ponerse en práctica en el futuro, a lo largo de todo el curso escolar para el que se programa, es decir, se la debe considerar como una gran "hipótesis de trabajo", así como a todas sus UD. La situación problemática o problema sobre el que se formula esta gran hipótesis sería:

**¿Cómo organizar mejor el trabajo de todo el curso escolar para favorecer, de la manera más exitosa, la educación científica, el cambio conceptual y el desarrollo de las competencias de los alumnos de 2º de ESO?**

La PD es un recurso educativo que tiene como finalidad la planificación de la labor docente para favorecer la formación científica, el cambio conceptual de las concepciones alternativas y el desarrollo de competencias básicas para la formación integral del alumnado.

A continuación se presenta un esquema (Ilustración 10), a modo de resumen, que engloba los diferentes aspectos que se deben tener en cuenta y los apartados a desarrollar para abordar la elaboración de una PD y de cada una de sus UD que la componen.



*ILUSTRACIÓN 10. Esquema para la elaboración de una Programación Didáctica y de sus UD.*



La adecuada elaboración de la PD dependerá de que se hayan considerado y analizado de forma minuciosa diferentes factores:

- Las características del contexto social, del centro educativo, de su Proyecto Educativo y su Programación General Anual.
- Las características de la materia de Ciencias de la Naturaleza, basándose en el currículo establecido para la Comunidad de Madrid.
- Las características del alumnado adolescente de 2º curso de ESO y, en concreto, de los alumnos del centro educativo a los que se dirija.
- Las características del profesor que la elabora y la ponga en práctica.
- El tratamiento de toda esta programación didáctica, y de cada una de las UD que contiene, como "Hipótesis de Trabajo" que deberán estar sometidas a una constante prueba y revisión.

Según lo expuesto, la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas”, centrada en situaciones problemáticas e implementada a través de la MRPI, se considera una hipótesis de trabajo que se va a contrastar.

A continuación se describen las concepciones alternativas encontradas en la bibliografía que están relacionadas con los contenidos de ecología y que afectan a la UD con toda seguridad.

### **3.2.2. Visión del mundo y concepciones alternativas en ecología**

La visión del mundo que tengan los alumnos tendrá una gran influencia en su aprovechamiento de la propuesta didáctica de esta investigación sobre la UD de ecología “Materia y Energía en los Ecosistemas”. El pensamiento del alumno durante la etapa escolar de Educación Secundaria Obligatoria, e incluso en cursos y años posteriores si no se trabaja sobre ello, suele estar caracterizado por tres potentes "visiones del mundo" o formas de interpretar el mundo. Estas formas de ver el mundo a su vez se interrelacionan y condicionan en gran medida la construcción que realizan de los conocimientos nuevos, no sólo los relacionados con ecología sino en cualquier otra disciplina. Estas tres visiones son:

- Visión o perspectiva antropocéntrica: (Correa & Rodrigo, 2001)

Visión opuesta a la perspectiva biocéntrica, supuesto básico que asume el presente documento. Es una forma de ver el mundo muy común en los seres humanos, no sólo de los estudiantes, en la que nuestra especie ocupa una posición primordial en el conjunto de la biosfera, la cual está creada para nuestro uso y disfrute. Se tiene una concepción positiva e ilimitada del desarrollo de las sociedades humanas, se confía en la existencia también ilimitada de recursos y en un perfecto control de los problemas ambientales por la ciencia y la

tecnología. Además, genera en los alumnos una forma de explicarse la organización y el funcionamiento del medio, y el comportamiento de los seres vivos, desde propósitos, sentimientos y argumentos propios del ser humano (los pájaros cantan porque "les gusta", los depredadores "disfrutan" matando a sus presas, etc.). Es lo que Correa, Cubero & García (1994) llaman "causalidad intencional".

- Visión o perspectiva estática del medio: (García, 1995)

Esta visión se diferencia de la perspectiva dinámica del medio, supuesto básico que asume el presente trabajo. Los alumnos sólo reconocen los cambios muy evidentes y próximos a su realidad y experiencia cotidiana. Relacionan los elementos en forma de cadena lineal cuya ruptura, por pérdida de algún elemento, desestabilizaría toda la cadena. El funcionamiento viene determinado por todo el conjunto o no funcionará. Es la ley del "todo o nada", está completo o deja de existir. Para ellos un equilibrio no puede basarse en el cambio ni mantenerse si faltan elementos. Además, genera en los alumnos una forma de explicarse la organización y el funcionamiento del medio, así como el comportamiento de los seres vivos, desde un orden absoluto, estático y predeterminado, en el que cada cosa tiene su lugar o función fija en el mundo. Es lo que Correa, Cubero & García (1994) llaman "causalidad sagrada o mítica". Esta concepción estática, se asocia con una percepción reducida del concepto "tiempo", considerado exclusivamente a escala humana, lo que dificultará enormemente la comprensión de los procesos geológicos y biológicos a una escala de tiempo bastante superior.

- Visión o perspectiva simple del medio: (Correa, Cubero & García, 1994)

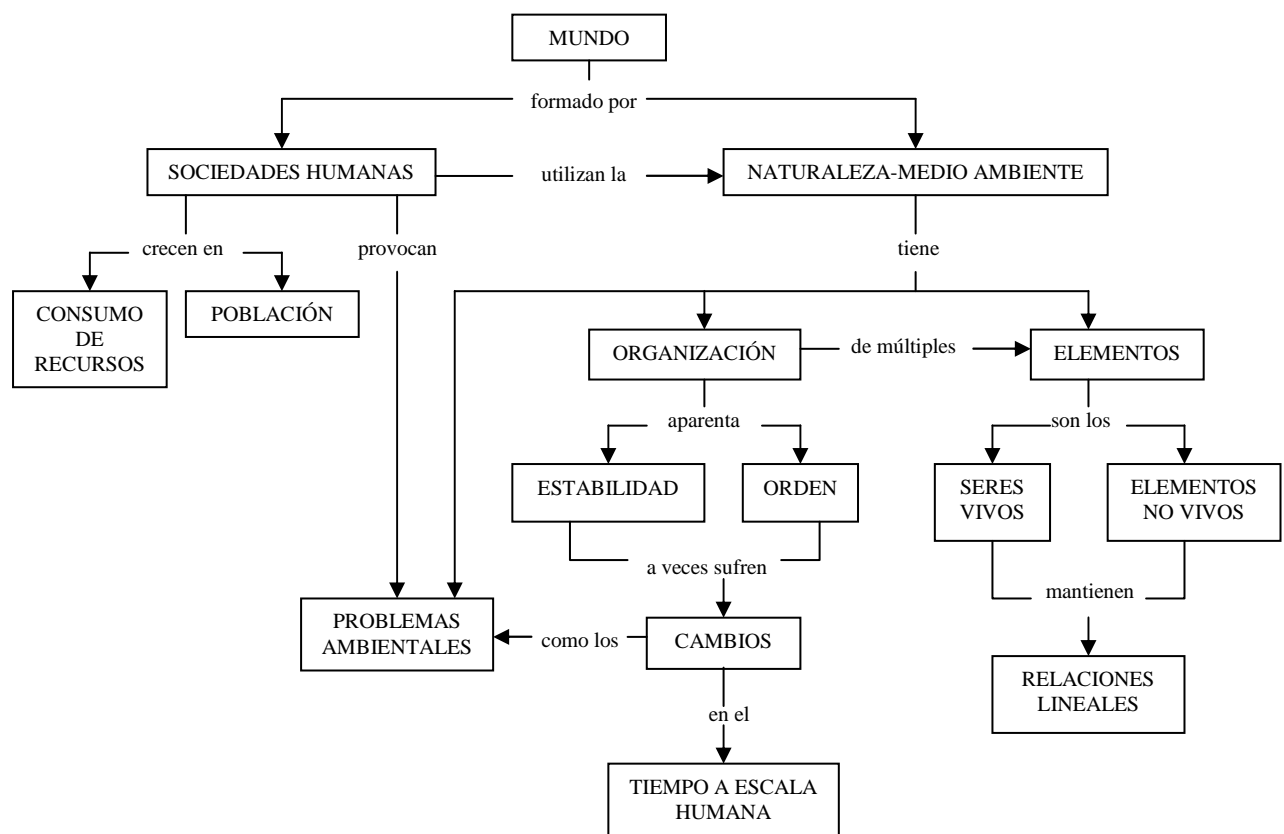
Visión que se contrapone a la perspectiva compleja del medio, supuesto básico que asume el presente documento. Es característica de la etapa escolar una evolución de las ideas de los alumnos en base a una progresión desde una visión y comprensión simple del mundo hacia otra perspectiva cada vez más compleja. Como ya se ha dicho, relacionan los elementos en forma de cadena lineal cuya ruptura alteraría toda la cadena. Una concepción simple se caracteriza por la unidireccionalidad en la relación entre elementos, sin llegar a apreciar la reciprocidad de las relaciones o que varios factores puedan incidir en un mismo hecho. Es lo que estos autores llaman "causalidad mecánica o lineal". El medio es considerado inicialmente como un medio-escenario, en el que ocurren cosas y todo se entremezcla, y como un medio-aditivo, entendido como una suma de elementos que lo componen. Posteriormente se pasa a considerar como un medio-recurso que provee de todo lo que se necesita (visión mercantilista) y que se puede utilizar para disfrutar (visión bucólica y emotiva).

El conjunto de estas tres visiones de la realidad (antropocéntrica, estática y simple del medio) que tiene el alumnado en esta etapa escolar, e incluso visiones intermedias previas a las visiones sugeridas más aceptadas por la ciencia actual, se puede asegurar que están en la base de muchas de sus concepciones alternativas, además de imponer serias trabas para la comprensión y construcción de los conocimientos sobre ecología, e

incluso otros conocimientos propios de otras disciplinas. Esto permite mantener la hipótesis de que el estudio de esta UD mediante la MRPI que se propone en este trabajo potenciaría en gran medida que el alumnado desarrollase una visión del mundo más biocéntrica, dinámica y compleja. Además, incluso es probable que los supuestos del profesorado, respecto a la forma de ver y comprender el mundo por ellos mismos y por los alumnos, así como la forma de abordar el estudio de esta UD, también sean modelados o cambiados.

Las ideas y creencias de los alumnos sobre esta UD, al igual que en otros campos del conocimiento, suelen ser más cercanas al conocimiento cotidiano que al conocimiento científico (García, 1992). La explicación puede estar en la ya comentada influencia que tiene la “visión del mundo” del alumnado en su forma de entender los nuevos conocimientos, pero también en el desconocimiento y la inadecuada comprensión de los conocimientos curriculares abordados en cursos anteriores, ya que se trata de conocimientos complejos que además comprenden y se basan en otros conocimientos nada sencillos.

A continuación se presenta un mapa conceptual (Ilustración 11), original del presente trabajo, que a modo de hipótesis trata de representar la probable relación de ideas que tendría un alumno de estas edades según las visiones del mundo expuestas anteriormente.



**ILUSTRACIÓN 11.** Hipótesis de la visión del mundo de los alumnos.

En el Anexo I se expone el conjunto de concepciones alternativas sobre conocimientos relacionados con los contenidos de ecología de alumnos pertenecientes a la etapa de Educación Secundaria Obligatoria. Se han encontrado y seleccionado tras un trabajo de búsqueda bibliográfica y se han organizado por bloques según conceptos de interés. Se puede asegurar, por tanto, que no tenerlas en cuenta es un error porque tienen una gran influencia en la enseñanza-aprendizaje de estos contenidos.

No obstante, y considerando estas dificultades, es indudable que los estudios sobre las concepciones alternativas de los alumnos con el fin de abordar su cambio conceptual aportan al profesorado una importante información que puede serle muy útil en su labor educativa. En concreto, para cualquier UD del currículo, facilitan al docente la selección y secuenciación de los conocimientos a enseñar y de las estrategias y recursos a emplear para favorecer su aprendizaje, así como los objetivos que guían todo el proceso en general y a cada contenido, estrategia y recurso en particular. Considerando todo esto sería interesante encontrar que una amplia mayoría del profesorado las contemplase en su labor educativa.

Es aceptado por la mayoría de autores el empleo de pruebas diagnósticas, generalmente de tipo cuestionario, que analiza la situación de partida de los estudiantes en relación a sus concepciones alternativas sobre sus actitudes, hábitos y conocimientos previos del currículo antes de comenzar un determinado proceso de enseñanza-aprendizaje (Jorba & Sanmartí, 1997). No obstante, como dice Giordán (1987), estas ideas de los alumnos no deben ser tomadas en cuenta únicamente antes de iniciar la fase educativa de la UD, sino sobre todo durante ésta para confrontarlas con ideas más aceptadas científicamente.

En la elaboración de una prueba diagnóstica sobre ecología se considera necesario incluir cuestiones sobre las principales dificultades u obstáculos que afectarán de forma importante a la comprensión y construcción de los contenidos de esta UD:

- Visión antropocéntrica, junto con la creencia en la existencia de superabundancia de recursos (incluidos en estos el resto de seres vivos).
- Visión de un "mundo estático en el tiempo", junto con la concepción reducida del tiempo a escala humana, la visión lamarckista y la ausencia de conocimientos de genética.
- Inadecuada comprensión de los conceptos "individuo", "especie" y "población". Pues son la base para comprender conceptos importantes de esta UD.
- Inadecuada o incompleta comprensión de los conceptos "respiración" y "fotosíntesis".
- Incomprensión o falta de conocimientos sobre el "suelo" y los "microorganismos descomponedores".
- Inadecuada comprensión de conceptos sobre la ecología como los de "ecosistema", "medio ambiente" o "cadenas tróficas".

Por lo tanto, deben ser estos obstáculos el objetivo principal a analizar con una prueba de diagnóstico y a tratar de favorecer en los alumnos el cambio conceptual que favorezca el aprendizaje posterior. No obstante, como dice Neus Sanmartí (2002), no se debe centrar en analizar sólo los conocimientos previos (erróneos, incompletos o inadecuados) necesarios para entender la UD, sino también las ideas que pueden haber construido los alumnos sin haber sido enseñadas.

Para abordar dichas concepciones durante el desarrollo de la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas” se ve conveniente aclarar las tres visiones del mundo que se asumen desde este estudio por el profesor-investigador:

- La visión o perspectiva biocéntrica del mundo (Correa & Rodrigo, 2001) que acepta que el ser humano es un integrante más, una especie animal, de la biosfera. Ésta es un sistema que tiene límites y puede verse, y de hecho se ve, afectada por un desarrollo irracional de las sociedades humanas. Dicho desarrollo se basa en el uso incontrolado de recursos, que genera y agrava problemas ambientales con graves consecuencias para el conjunto de la biosfera y el propio ser humano, que no siempre pueden ser controlados por la ciencia o la tecnología. No obstante, los problemas ambientales presentes, y los que están por venir, podrían ser evitados o amortiguados mediante la intervención de expertos y el uso de tecnologías más respetuosas con el medio, la modificación de comportamientos de la población humana perjudiciales para la salud ambiental y, principalmente, una modificación o cambio del modelo socioeconómico imperante en la actualidad.
- La visión o perspectiva dinámica del mundo (García, 1995) que se basa en la interacción de los múltiples factores que componen el medio y en la evidencia de que no hay nada predeterminado y todo es susceptible de cambio, tanto en el tiempo como en el espacio. La organización y estabilidad aparente del medio viene determinada por la capacidad de autorregulación de los sistemas mediante el cambio constante y el equilibrio dinámico a lo largo del tiempo geológico y biológico.
- La visión o perspectiva compleja del mundo (Correa, Cubero & García, 1994) que se basa en la Epistemología de la Complejidad propuesta por Morín (1990), que supone comprender la organización del mundo como un sistema de sistemas (ecosistemas) jerarquizados e interdependientes, lo que a su vez supone construir adecuadamente las nociones de "sistema", "interacción", "organización", "autorregulación", "equilibrio dinámico", etc. Requeriría previamente superar las visiones antropocéntrica y estática de la realidad, que permitan pasar a reconocer la existencia de otros niveles de organización del medio alejados de la experiencia cotidiana como las múltiples interacciones entre especies, lo microscópico (como la influencia de los microorganismos o los procesos metabólicos de fotosíntesis y respiración), lo macroscópico (como la organización de los ecosistemas), la consideración simultánea de varias perspectivas frente a un mismo hecho (por ejemplo un depredador muerto entendido como alimento para otros animales, nutrientes para el suelo, una menor presión para sus presas, etc.), así como el reconocimiento de lo posible y no evidente por ser lejano en el tiempo y/o en el

espacio (como los problemas ambientales en otros continentes, evidencias de cambios climáticos anteriores, etc.).

Estas visiones del mundo guían la investigación en relación a la forma de abordar la educación científica de la UD de ecología en 2º ESO “Materia y Energía en los Ecosistemas”.

### 3.2.3. Contenidos de la Unidad Didáctica

Uno de los objetivos de la presente investigación es comprobar la utilidad de las situaciones problemáticas propuestas e implementadas con los alumnos mediante la MRPI, pero no se puede olvidar que toda forma de entender las metodologías didácticas llevan su forma asociada de entender los contenidos y la evaluación (Pozo & Gómez Crespo, 1998), se trata de tres aspectos didácticos interdependientes que interaccionan afectándose mutuamente.

La selección y secuenciación de los contenidos de 2º ESO de la UD "Materia y Energía en los Ecosistemas" adquieren una importancia capital, pues uno de los objetivos es que los alumnos construyan los conocimientos necesarios para favorecer una visión más global y compleja del mundo, y más si se considera que una mayoría del alumnado de 2º de ESO no continuará sus estudios en Biología pasado el curso de 3º de ESO. Los contenidos que trabaja esta UD se desprenden del Real Decreto 3473/2000 y se muestran en la Ilustración 12.

#### **Contenidos LOGSE – Segundo curso**

##### **III. La energía y los seres vivos.**

##### **8. El tránsito de energía en los ecosistemas. Conceptos de Biosfera, Ecosfera y Ecosistema. Productores, consumidores y descomponedores. Cadenas y redes tróficas. La biomasa como fuente de energía.**

***ILUSTRACIÓN 12.** Contenidos de la UD "Materia y Energía en los Ecosistemas" establecidos como enseñanzas mínimas para 2º de ESO (Real Decreto 3473/2000, de 29 de diciembre).*

Posteriormente se produce una transición legislativa entre la LOGSE y la LOE, que se desarrolla durante la fase final de la investigación. Como se observa en el Real Decreto 1631/2006, los contenidos que aborda esta UD no sufren ningún cambio sustancial que dificulte la aplicación didáctica de la propuesta de la presente investigación. Los contenidos se muestran en la Ilustración 13.

## Contenidos LOE – Segundo curso

### Bloque 6. El medio ambiente natural.

**Biosfera, ecosfera y ecosistema. Identificación de los componentes de un ecosistema. Influencia de los factores abióticos y bióticos en los ecosistemas.**

**Ecosistemas acuáticos de agua dulce y marinos. Ecosistemas terrestres: los biomas.**

**El papel que desempeñan los organismos productores, consumidores y descomponedores en el ecosistema.**

**Realización de indagaciones sencillas sobre algún ecosistema del entorno.**

***ILUSTRACIÓN 13.** Contenidos de la UD "Materia y Energía en los Ecosistemas" establecidos como enseñanzas mínimas para 2º de ESO (Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre).*

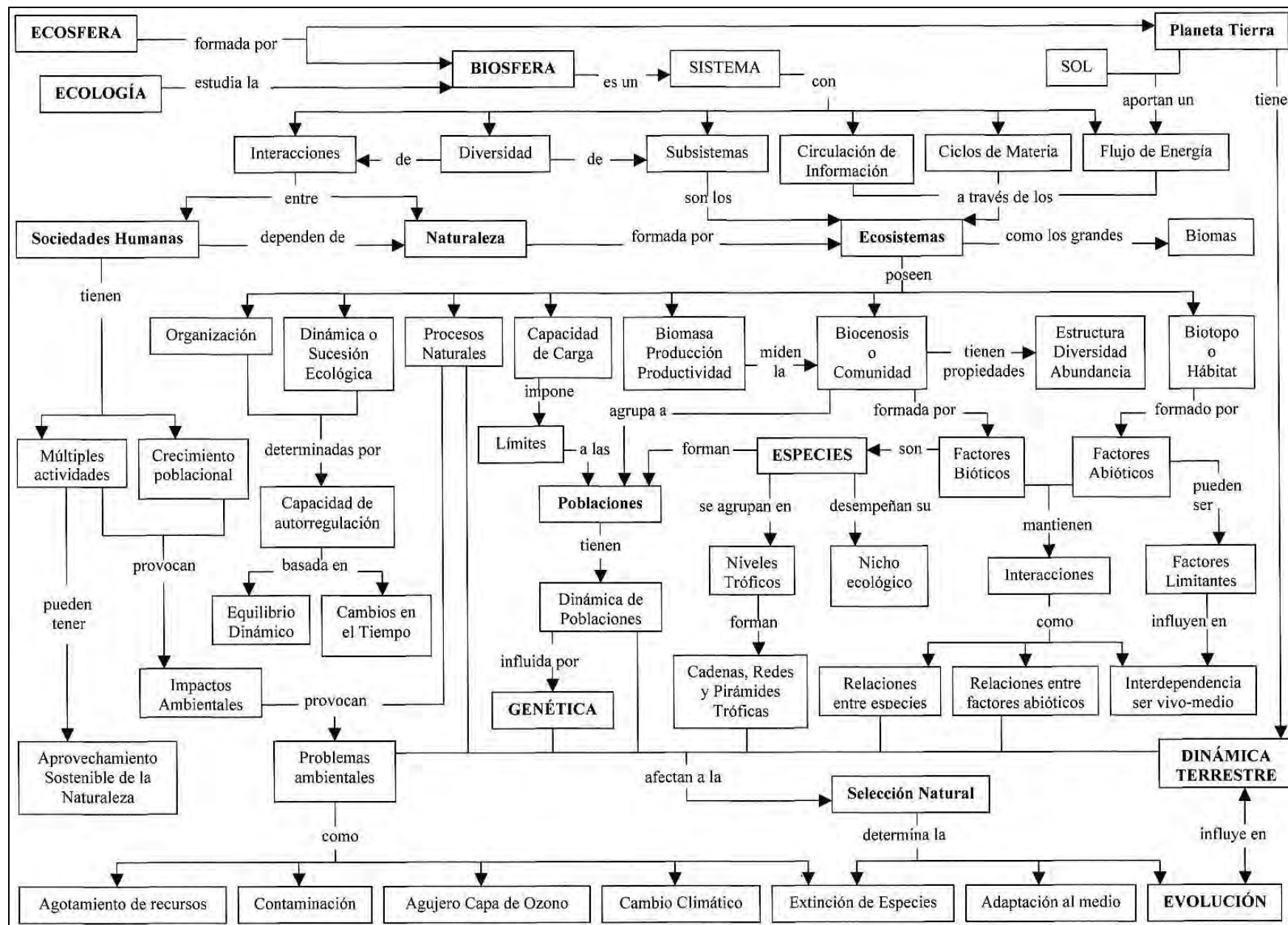
Como se ha comentado en el Apartado 3.1.2., la nueva transición entre leyes educativas de la LOE a la LOMCE también tiene consecuencias en el currículo.

A continuación se presenta un mapa conceptual (Ilustración 14), a modo de hipótesis y original del presente trabajo, diseñado para estructurar los conceptos relacionados con la ecología que sería deseable que fueran construyendo en su estructura de conocimientos los alumnos de la etapa de educación secundaria.

El mapa conceptual muestra los conocimientos conceptuales sobre ecología considerados más relevantes para la ciencia en esta etapa educativa, con una jerarquía que desde el conocimiento científico se considera lógica y asumiendo, como ya se ha comentado, las visiones del mundo biocéntrica, dinámica y compleja consideradas anteriormente.

Seguramente este mapa conceptual no tiene mucho que ver con el conocimiento cotidiano de los alumnos sobre la ecología, como se ha comprobado en el apartado de "concepciones alternativas" y, con toda seguridad, tampoco se parezca al esquema final que construyan éstos después de su tratamiento en el aula, pues difícilmente alcanzarán una visión tan completa y estructurada de la UD. Además, la cantidad y dificultad de los contenidos que aparecen en el mapa entran en contradicción con las conclusiones en investigación didáctica, que muestran que:

*"Los estudiantes encuentran el tratamiento en profundidad de unos pocos tópicos más satisfactorio que el tratamiento superficial de muchos; sobre todo cuando la profundización se entiende correctamente como un estudio contextualizado de problemas que posibilite la participación de los alumnos en tareas creativas de investigación dirigida y no se olvide ninguno de los aspectos clave del desarrollo científico, incluido el de las relaciones ciencia/tecnología/sociedad." (Gil, 1989, p.44).*



**ILUSTRACIÓN 14.** Mapa conceptual de ecología para la ESO.



Pero dicho mapa conceptual, no por ello deja de ser útil al profesorado, pues se considera un interesante objetivo y una herramienta muy útil para contrastar las concepciones alternativas, para el diseño y secuenciación de las situaciones problemáticas que se presentan y como guía para la evaluación de los conocimientos construidos por los alumnos.

Además, el adecuado diseño de las diferentes situaciones problemáticas que se resuelven mediante la MRPI facilitará que la carga de conocimientos se vaya adaptando a las necesidades y potencialidades de los alumnos, permitiendo una mejor atención a la diversidad necesaria en las aulas actuales. No obstante, no se debe olvidar el mayor escollo que encontrará esta metodología, como es el argumento esgrimido por los profesores de "la falta de tiempo para dar todo el temario". Dicho argumento suele tener como base el necesario adiestramiento previo del profesor y los alumnos, un trabajo en equipo de estos últimos junto con el profesor y un avance de cada alumno a su propio ritmo, conocimientos prácticos y teóricos que se consideran más importantes en el presente estudio.

En cualquier caso, será el profesorado el que deba tomar las decisiones importantes, sobre la materia de estudio, la ciencia en general, el hecho educativo y su forma de entender la enseñanza y el aprendizaje, a la hora de seleccionar y secuenciar los conocimientos a partir de las enseñanzas mínimas propuestas, su marco teórico, sus creencias, sus ideas, sus objetivos, la metodología a utilizar, su alumnado, los recursos y el tiempo disponible, etc.

Hay que considerar la presencia, en la estructura cognitiva del alumnado, de los conocimientos curriculares anteriores que permitirían una adecuada construcción y comprensión de los conocimientos nuevos de la UD "Materia y Energía en los Ecosistemas". Los contenidos curriculares anteriores que se tratan en el primer curso de ESO y en unidades didácticas precedentes a la de este estudio serían los que se muestran a continuación:

### **Primer curso de ESO**

#### **I. La Tierra en el Universo.**

Los movimientos de la Tierra: estaciones, día-noche. Las capas de la Tierra (Hidrosfera, Atmósfera, Biosfera).

#### **II. Materiales Terrestres.**

La atmósfera terrestre. Dióxido de carbono y ozono: implicaciones medioambientales. Contaminantes.

La hidrosfera terrestre. El ciclo del agua. La contaminación y depuración.

La corteza terrestre.

#### **III. La Tierra y los seres vivos.**

Factores que hacen posible la vida en un planeta. La diversidad de los seres vivos: ambientes, tamaños, formas y modos de alimentarse.

Clasificación de los seres vivos. Los cinco reinos.

## Segundo curso de ESO

### I. Materia y Energía.

Los sistemas materiales y la energía. La energía como propiedad de los sistemas materiales. Tipos de energía. Fuentes de energía. La Tierra: un sistema material en continuo cambio.

### II. La energía y los seres vivos.

Las funciones de los seres vivos y el consumo de energía. El mantenimiento de la vida. Nutrición autótrofa y heterótrofa. Fotosíntesis, respiración y nutrición celular. La energía consumida por los seres vivos: crecimiento, calor, movimiento. El mantenimiento de la especie. Coordinación, relación y adaptación.

Esta UD de "Materia y Energía en los Ecosistemas", desde la lógica disciplinar, es compleja y la cantidad de contenidos curriculares anteriores necesarios es importante, no obstante siempre mantendrá su potencial para afianzar, relacionar y estructurar mejor dichos contenidos curriculares anteriores.

Los conocimientos de esta UD que se consideran esenciales que construya el alumnado en 2º curso de la ESO serían los siguientes:

- Las nociones básicas sobre Ecosistemas.
- La noción de interacción entre sociedades humanas y naturaleza. Tanto la "dependencia que las sociedades humanas tienen de la naturaleza", por la condición de los seres humanos como seres vivos pertenecientes al reino animal y a un sistema (biosfera) que tiene sus propias leyes, como la "influencia de las actividades humanas sobre la naturaleza", en especial su contribución en la creación y agravamiento de problemas ambientales y su capacidad para evitarlos o minimizarlos mediante actividades más sostenibles.
- La diferenciación entre los conceptos "individuo", "especie", "población", "comunidad" y "nivel trófico".
- Las nociones de "importancia de los productores" como responsables de fijar la materia y la energía en el inicio de toda secuencia trófica, "importancia de los descomponedores" para cerrar los ciclos de materia e "importancia del suelo", en los ecosistemas terrestres, como soporte principal de productores y descomponedores, como compartimento estanco de nutrientes y agua, etc.
- Una introducción más clara de la noción de "tiempo" a escala biológica y geológica.
- El desarrollo de comportamientos responsables con la conservación y mejora del medio, aceptados de forma crítica a raíz de los conocimientos construidos.

- El desarrollo de un conjunto de habilidades básicas también presentes en el trabajo científico, como emisión de hipótesis, manejo de la información (búsqueda, selección, interpretación, análisis, organización, comunicación, etc.), resolución de problemas, trabajo en equipo, metacognición, creatividad, capacidad de automotivación, etc., todas ellas muy útiles en la sociedad actual.
- Una valoración más realista de la naturaleza y sus propiedades, así como de la ciencia, los científicos, su trabajo y las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y naturaleza.
- Una actitud más crítica respecto a la relación que el ser humano tiene con la naturaleza.

En esencia, la suma de estas ideas y conceptos contribuirían en gran medida a la construcción por el alumnado de una visión más compleja y global del mundo, menos estática y desde una perspectiva más biocéntrica. En último término, más real o científicamente aceptada en la actualidad y más útil para manejarse como ciudadano de una manera más autónoma, crítica, consecuente y responsable con la naturaleza.

A continuación se presenta un extracto de la programación de aula relacionado con la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas” correspondiente a 2º curso de ESO del instituto "Gabriel García Márquez" en que se ha realizado la investigación, tanto para el GEXP como para el GCON, durante el curso académico 2003-2004. Sólo se incluyen los apartados relevantes para conocer con claridad el contexto curricular en el que se ha trabajado:

### **Objetivos didácticos**

- Describir los elementos que forman los ecosistemas y reconocer la existencia de relaciones entre los seres vivos y el medio en que habitan.
- Conocer, describir y valorar adecuadamente algunos ecosistemas importantes de la Comunidad Autónoma. Conocer algunos de los ecosistemas más grandes e importantes a nivel mundial, y reconocer su importancia.
- Valorar la diversidad de seres vivos y ecosistemas en la Tierra y adquirir una actitud favorable a su conservación y protección.
- Utilizar técnicas del método científico para observar, analizar y explicar algunos fenómenos naturales cotidianos.
- Utilizar el lenguaje científico con propiedad y emplear formas de notación científica.

### **Conceptos**

- Biosfera, ecosfera y ecosistemas. La biosfera. Los grandes biomas. Ecosistemas españoles. Introducción a la conservación de la Naturaleza. Estudio y análisis de un espacio natural de la Comunidad de Madrid.

- La energía en los ecosistemas. El tránsito de energía en los ecosistemas. Conceptos de biosfera, ecosfera y ecosistema. Productores, consumidores y descomponedores. Cadenas, redes y pirámides tróficas. La biomasa como fuente de energía.
- Técnicas de trabajo. Realización de actividades prácticas y experiencias con métodos propios de la actividad científica y elaboración de informes sencillos referidos a las mismas. Búsqueda de información en documentos.

### **Procedimientos**

- Aplicar de forma personal las estrategias del método científico (observación sistemática, emisión de hipótesis, experimentación, comprobación de resultados y comunicación) al estudio de algunos fenómenos naturales sencillos.
- Interpretar esquemas, cuadros y gráficos.
- Elaborar cuadros, gráficos, informes, fichas y otras formas de presentación y comunicación de resultados de observaciones, análisis y clasificaciones.
- Utilizar el lenguaje científico con propiedad para describir seres vivos, seres inertes y otros fenómenos naturales.
- Resolver problemas sencillos aplicando estrategias personales.
- Trabajar en grupo en la realización de tareas científicas y en la exposición y comunicación de resultados de estudios, investigaciones, debates, etc.

### **Actitudes**

- Reconocimiento y valoración de la función de los distintos elementos del ecosistema y su contribución al mantenimiento de su equilibrio.
- Interés por la observación y estudio de la naturaleza.
- Sensibilidad y respeto por el ambiente.
- Fomentar la conservación de la naturaleza y el mantenimiento de la biodiversidad.
- Interés y gusto por resolver situaciones problemáticas y trabajar en grupo.
- Respeto y atención a las aportaciones, ideas y conclusiones de los demás.
- Interés por defender las propias ideas y convicciones de forma clara y respetuosa, aceptando la validez de otras y los posibles errores.
- Capacidad crítica y de razonamiento.

## **Criterios de evaluación**

- Comprender las interacciones existentes en el seno de los ecosistemas, reconocer las relaciones que se establecen entre los seres vivos y el medio, y explicar a través de estas relaciones determinados fenómenos observables en la naturaleza.
- Reconocer que los ecosistemas no son inmutables sino que cambian sustancialmente con el tiempo, describir este proceso de cambio y analizar los factores que lo producen.
- Aplicar los conocimientos sobre la dinámica de los ecosistemas a la estimación del impacto que algunas actividades humanas producen en el entorno.
- Aplicar estrategias científicas en la resolución de problemas relacionados con hechos observables en la naturaleza.
- Participar en actividades y experiencias sencillas que permitan verificar los hechos y conceptos estudiados y valorar positivamente el trabajo en equipo propio de la investigación científica.
- Desarrollar actitudes de respeto por el entorno que fomenten la conservación de la naturaleza y el mantenimiento de la biodiversidad.

### **3.2.4. Planteamiento de las situaciones problemáticas y su secuencia en la Unidad Didáctica**


Las situaciones problemáticas seleccionadas y secuenciadas deben reflejar las características de la UD para que los alumnos, mediante la MRPI:

- Trabajen sus concepciones alternativas para favorecer el cambio conceptual.
- Construyan aprendizajes adecuados sobre conceptos de ecología, así como procedimientos científicos y actitudes hacia la ciencia y la propia MRPI.

Todas las situaciones problemáticas se deben resolver mediante la MRPI, las cuales se adecuan a su resolución de forma práctica real y también como problemas de lápiz y papel, pero debido a su imposibilidad de resolverlas de forma experimental en un contexto escolar su resolución será de lápiz y papel. Cada situación problemática es una situación de aprendizaje que supone un reto para las habilidades de razonamiento de los alumnos y proporciona puntos de vista alternativos y oportunidades para la reflexión (Savery & Duffy, 1995). A continuación se presenta la Tabla 6 que resume la selección y secuenciación de las situaciones problemáticas (en negrita en la columna de “Metodología”) propias de la UD de 2º de ESO "Materia y Energía en los Ecosistemas" y los conceptos que trabajan.

CONCEPTOS	METODOLOGÍA
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Especie y Población.</li> <li>-Águila Imperial Ibérica.</li> <li>-Hábitat.</li> <li>-Nicho Ecológico.</li> <li>-Ecosistema Bosque Mediterráneo.</li> <li>-Especie autóctona y Endemismo.</li> <li>-Especie en peligro de extinción.</li> <li>-Introducción de especies.</li> <li>-Espacio natural.</li> <li>-Conservación de la naturaleza.</li> <li>-Intervención humana en el medio natural y los problemas ambientales.</li> <li>-Dependencia y uso responsable del medio natural.</li> <li>-Biomás.</li> <li>-Biosfera, Ecosfera y Ecología.</li> <li>-Medio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Resolución de un problema individual. Problema 0:  <b>Imagina que eres el responsable de un espacio natural y descubres que van muriendo muchos individuos de la misma población de Águila Imperial Ibérica. ¿Cómo actuarías?</b></li> <li>-Resolución de un problema por grupos. Problema 1:  <b>¿Podría vivir el Águila Imperial Ibérica en otro ecosistema?</b></li> <li>-Libro de texto y monográfico del alumno sobre el medio ambiente de la Comunidad de Madrid.</li> <li>-Material complementario para la resolución del problema.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Águila Imperial Ibérica y hábitat.</li> <li>-Ecosistema Bosque Mediterráneo.</li> <li>-Especie autóctona y Endemismo.</li> <li>-Especie en peligro de extinción.</li> <li>-Conservación de la naturaleza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Salida de campo: Centro de Educación Ambiental "El Águila". C/ Rodetas, 18, Chapinería – Comunidad de Madrid. 2ºF y 2ºG: martes 20 de enero de 2004. - 2ºE: jueves 22 de enero de 2004.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Factores Abióticos y Bióticos.</li> <li>-Biotopos acuáticos.</li> <li>-Factores Limitantes.</li> <li>-Interacción entre factores.</li> <li>-Asociaciones Intraespecíficas e Interspecíficas.</li> <li>-Ecosistemas sin Sol.</li> <li>-Flujo de Energía.</li> <li>-Cadenas y Redes tróficas.</li> <li>-Niveles tróficos del ecosistema.</li> <li>-Ciclos de Materia o Biogeoquímicos.</li> <li>-Descomponedores y cierre de ciclos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Vídeos:  "Método de Resolución de Problemas por Investigación: El Alimoche" (35´) – (Rodríguez, 1991). "Relaciones entre especies" (24´) – (Survival, 1992). "Construcción de un acuario" (18´) – (Tetra, 2003). "Bioelementos y Ciclo de nutrientes"(3´) – (Redes, 2000). "Oxígeno y Fotosíntesis" (3´) – (Redes, 2000). "Ciclo del Nitrógeno" (3´) – (Redes, 2000). "Ecosistemas sin sol" (17´) – (BBC, 2001).</li> </ul>

**TABLA 6 (1/2).** Situaciones problemáticas de la UD "Materia y Energía en los Ecosistemas".

CONCEPTOS	METODOLOGÍA
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Especie.</li> <li>-Factores Abióticos y Bióticos.</li> <li>-Biotopos acuáticos y terrestres.</li> <li>-Factores Limitantes.</li> <li>-Biocenosis o Comunidad.</li> <li>-Interacción e Interrelación entre factores.</li> <li>-Asociaciones Intraespecíficas e Interespecíficas.</li> <li>-Ecosistemas.</li> <li>-Dimensiones variables de los ecosistemas.</li> </ul>	<p>-Resolución de un problema por grupos. Problema 2:</p> <p><b>¿Qué habría que tener en cuenta para diseñar un pequeño espacio en el que poder observar individuos vivos de diferentes especies?</b></p> <p>-Libro de texto. -Material complementario para la resolución del problema.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Especie, Población, Adaptación, Organismos autótrofos y heterótrofos, suelo y Tiempo adaptativo.</li> <li>-Relaciones alimentarias entre especies.</li> <li>-Cadenas y Redes tróficas.</li> <li>-Enfermedades y contaminantes a través de las cadenas y redes tróficas.</li> <li>-Niveles tróficos del ecosistema: Productores, Consumidores y Descomponedores.</li> </ul>	<p>-Resolución de un problema por grupos. Problema 3:</p> <p><b>PINO → PROCESIONARIA → CUCO → HALCÓN</b></p>  <p><b>BACTERIAS Y HONGOS</b></p> <p><b>Observa la secuencia de alimentación: ¿qué sucedería al resto de especies si una enfermedad afecta a los cucos haciéndolos desaparecer?</b></p> <p>-Libro de texto. -Material complementario para la resolución del problema.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ecosistema prado.</li> <li>-Cadenas y Redes tróficas del prado.</li> <li>-Niveles tróficos del prado.</li> <li>-Materia y energía en ecosistemas.</li> <li>-Sol: fuente de energía.</li> <li>-Flujo de Energía.</li> <li>-Ciclos de Materia o Biogeoquímicos.</li> <li>-Descomponedores y cierre de ciclos.</li> <li>-Pirámides tróficas.</li> <li>-Biomasa y Producción.</li> </ul>	<p>-Resolución de un problema por grupos. Problema 4:</p> <p><b>¿Cuántas vacas puede mantener un prado?</b></p> <p>-Libro de texto. -Material complementario para la resolución del problema.</p>

**TABLA 6 (2/2).** Situaciones problemáticas de la UD "Materia y Energía en los Ecosistemas".

Aunque en cada una de las situaciones problemáticas se puedan trabajar múltiples conocimientos, están diseñadas para centrarse en algunos de ellos según el momento en que se proponen durante la secuenciación. En los anexos se pueden encontrar el material complementario para la resolución de cada una de ellas (Anexo II), su resolución por el profesor-investigador (Anexo III) y un ejemplo de cada situación problemática de la resolución que realizan los alumnos del GEXP (Anexo IV).

La duración de toda la UD se estima en 14 sesiones (horas lectivas), incluidas una salida de campo, tres sesiones de vídeo y la sesión de evaluación. El tiempo estimado para cada situación problemática sería de dos sesiones, aunque siempre dependerá de los ritmos de los alumnos y otros condicionantes del contexto escolar.

### **3.3. Desarrollo de la Unidad Didáctica en el aula**

El trabajo del profesor-investigador en el aula como docente, desde el principio del curso escolar 2003-2004 en que se desarrolla la investigación, comienza con toda la fase de entrenamiento de la MRPI durante el primer trimestre del curso académico. Y es, tras este periodo necesario de entrenamiento, cuando se desarrolla y aplica en el aula con el GEXP toda la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas” mediante la resolución de situaciones problemáticas empleando la MRPI.

#### **3.3.1. Toma de contacto con la MRPI y pautas de resolución de situaciones problemáticas**

Uno de los problemas que hay que afrontar inicialmente es el de elaborar una estrategia de entrenamiento y un aprendizaje previo de la MRPI adaptada a este grupo de alumnos y a la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de 2º ESO, ya que los estudiantes desconocían por completo la metodología de resolución de problemas MRPI. Este entrenamiento se considera necesario para poder realizar la investigación, ya que como demuestran Huffman, Lawrenz, & Minger (1997) la enseñanza del proceso de resolución de problemas mejora en los alumnos las destrezas de resolución de problemas, así como el desarrollo cognitivo y el aprendizaje de las ciencias.

Los alumnos del GEXP deben entrar en contacto con la MRPI previamente al desarrollo de la Fase Experimental, de lo contrario se generaría una situación desigual para la comparación adecuada con el GCON. La idea es que al comenzar la UD de ecología los alumnos ya posean las destrezas procedimentales para abordar la construcción de conocimientos durante la resolución de las situaciones problemáticas objeto de estudio. Es decir, al inicio de la UD de ecología los estudiantes no deben presentar grandes dificultades respecto a la comprensión de la propia metodología.

En dicho entrenamiento se decidió afrontar la resolución de tres situaciones problemáticas de otras UD del currículo que no afectasen a la investigación y una cuarta que se corresponde con la Situación Problemática 0 de la UD de ecología. Estas situaciones problemáticas se introducen de forma secuenciada. Las dos primeras abordaban contenidos sobre nutrición, relación y reproducción de la primera unidad de



la programación del curso, mientras que la tercera abordaba contenidos de Química. El material complementario para su resolución se encuentra en el Anexo II. Hay que aclarar que este entrenamiento con la MRPI coexistió con una metodología más tradicional en el tratamiento del resto de contenidos de dichas unidades didácticas y de otras previas a la unidad de ecología objeto de la investigación.

La MRPI se empezó a introducir durante la primera situación problemática de entrenamiento que pertenecía a la UD "Funciones vitales de los seres vivos". Se enunciaba de la siguiente manera:

**Es típica la afirmación:**  
**"no se debe dormir en una habitación con plantas".**  
**¿Es correcta o no y por qué?**

Los alumnos debían abordar su resolución de forma individual y se les pidió que en todo momento apuntasen sus ideas y reflexiones. Desde el principio se limitaban a dar la contestación más típica: "No, porque te ahogas o te asfixias", sin pararse a pensar nada más. En realidad acababan de exponer sus hipótesis, aunque sin argumentar. Tras estas primeras respuestas el profesor-investigador trataba de interrogarles de una manera algo más profunda: ¿Por qué? ¿Qué ocurre? ¿Depende de algo? etc. Tras las respuestas de los alumnos, en realidad se estaban realizando análisis cualitativos o argumentándose las hipótesis. Se les pidió que pensaran un experimento para comprobarlo, pero sin que interviniesen personas en él, y se les hizo planificar una estrategia de resolución.

Hay que considerar que esta situación problemática no cuenta con algoritmos que permitan resolverla de una manera concreta y rápida, sino que requeriría de un importante proceso de diseño de experimentos, con un riguroso control de las variables que van a intervenir, para poder obtener resultados que permitan extraer conclusiones relevantes. A continuación, como no era posible realizar los experimentos que proponían, se les entregaba a cada alumno una ficha con todas las fases de la MRPI, con un mismo experimento, pero ya con los resultados y con cuestiones para interpretar los mismos y extraer conclusiones. Dicha ficha se muestra en el Anexo II, como material complementario para la resolución de esta primera situación problemática de entrenamiento. En ella se les exponen las fases de la resolución del problema:

1. Analizar el problema.
2. Formular hipótesis.
3. Pensar y diseñar un experimento o estudio bibliográfico que permitirá comprobar una de las hipótesis.
4. Realizar el experimento o la investigación bibliográfica para la hipótesis elegida.
5. Analizar los datos obtenidos para esa hipótesis y tratar de solucionar el problema.

A continuación se entrega la plantilla de resolución de las situaciones problemáticas que se empleará para resolver todas las situaciones problemáticas para que se vayan familiarizando con ella. Se trata de una plantilla como las empleadas en otros trabajos del equipo de investigación, pero adaptada y condicionada por la edad de los estudiantes de 2º ESO. Esta plantilla se muestra a continuación en la Ilustración 15.

## **¿QUÉ DEBO HACER PARA RESOLVER UNA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA?**

Voy a realizar una investigación que seguirá los siguientes pasos:

### **TRATO DE ENTENDER EL PROBLEMA O LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

#### **1. ANALIZO EL PROBLEMA (Análisis cualitativo del problema)**

##### **1.1. REPRESENTAR LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA PARA COMPRENDERLA**

¿A qué me enfrento? ¿A qué se refiere el problema? ¿Qué factores y contenidos teóricos tengo que tener en cuenta? ¿Qué procesos o conceptos científicos están relacionados? ¿Hay condiciones en que no puedo resolverlo?

##### **1.2. REFORMULAR EL PROBLEMA PARA TRABAJARLO MEJOR**

¿Cómo puedo cambiar el enunciado del problema para concretarlo (especificarlo) mejor?

##### **1.3. RESTRINGIR LAS CONDICIONES DE ESTUDIO DEL PROBLEMA**

Escojo aquellos factores y contenidos teóricos que tengan verdadera importancia.

Hay que evitar estudiar otros factores que no influyan y situaciones que no tengan interés.

#### **2. PIENSO Y FORMULO MIS HIPÓTESIS (Emisión de Hipótesis)**

2.1. ¿Qué solución creo que puede tener el problema? ¿Qué relaciones de causa-efecto existen?

2.2. ¿Cuáles son los casos extremos o límite cuyo resultado conozco y me hacen entender mejor el problema? (Casos en los que la solución o soluciones sean algo especiales)

### **RESUELVO EL PROBLEMA**

#### **3. PIENSO Y DISEÑO ALGÚN EXPERIMENTO O PLAN QUE ME PERMITA RESOLVER EL PROBLEMA**

3.1. ¿Qué factores y contenidos teóricos voy a utilizar para comprobar mis hipótesis?

3.2. ¿Qué voy a medir? ¿Con qué aparatos? ¿Qué material necesito? ¿Cómo recojo los datos?

3.3. Trato de representar con dibujos o esquemas mi plan de trabajo.

3.4. ¿Se parece a otros experimentos o problemas que ya he visto antes?

3.5. Decido todos los pasos que voy a seguir al realizar mi experimento.

3.6. ¿Hay más formas de resolverlo?

3.7. Divido el problema en partes más sencillas o parecidas a otras ya resueltas.

#### **4. REALIZO EL EXPERIMENTO O PLAN DE TRABAJO PARA RESOLVER EL PROBLEMA**

4.1. Desarrollo todos los pasos del experimento o plan que he diseñado.

4.2. Describo todo el proceso seguido (lo que voy haciendo): observaciones, medidas, datos, gráficas, tablas, errores, etc.

### **ANALIZO TODO EL PROCESO REALIZADO**

#### **5. ANALIZO LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN MI EXPERIMENTO O PLAN DE TRABAJO**

5.1. Aporto todos los datos obtenidos.

5.2. Comparo los datos y busco posibles regularidades, diferencias, errores, etc.

5.3. Interpreto los resultados según mis hipótesis y los contenidos teóricos tenidos en cuenta. ¿Se cumplen mis hipótesis?

5.4. ¿Son lógicos los resultados obtenidos?

***ILUSTRACIÓN 15.** Plantilla de resolución de situaciones problemáticas.*

En la Ilustración 16 se muestran las "Normas" que se entregaron a los alumnos y que debían seguir para trabajar en grupo en la resolución de las situaciones problemáticas y presentar los informes o trabajos escritos.

Este documento tiene el objetivo de ir entrenando al alumnado en ciertas normas que controlen la dinámica de los grupos en el aula. Es decir, facilitan la organización de la clase y la elaboración de los informes de resolución de las situaciones problemáticas. Se trata de evitar dificultades:

- En la dinámica de la clase y entre grupos, como la tendencia a perder el tiempo hasta que juntan las mesas, a querer sentarse cada vez en un lugar diferente, a tener cerca a miembros de otros grupos para charlar, evitar que nadie se levante, evitar elevar el nivel de ruido de la clase debido al murmullo generalizado, etc.
- Entre los miembros del grupo, como la tendencia de algunos alumnos a no trabajar o a no ayudar a sus compañeros, a repartirse los puntos o fases de la plantilla (para acabar antes) sin pensar que es necesario que todos realicen juntos todas las fases para poder avanzar mejor y aprender mejor, así como seguir una secuencia lógica en la resolución de las situaciones problemáticas.
- En la forma de elaborar los trabajos o informes de la resolución de las situaciones problemáticas, como la importancia del orden y la limpieza, así como la necesidad de incluir todos los apartados de un trabajo escrito (portada, índice, bibliografía, número de páginas, etc.).

Tras la entrega a cada alumno de la "Plantilla de resolución de las situaciones problemáticas" y la ficha de "Normas", se les presentó el enunciado de la siguiente situación problemática para que intentasen resolverla en casa individualmente. Se trata de la segunda situación problemática de entrenamiento, que junto con la anterior pertenecían a la primera UD del curso de título "Funciones vitales de los seres vivos". Su enunciado es el siguiente:

**En una isla se ha soltado una especie de lechuza  
entrenada para cazar ratones por la cola, los cuales son ya una plaga.  
¿Qué puede ocurrirle a la población de ratones a lo largo del tiempo?**

Se trata de una situación problemática con conocimientos conceptuales necesarios para poderlos trabajar posteriormente en la UD de ecología, como los de "población" y "especie". Estos conceptos se tratan por ambos grupos GEXP y GCON en una unidad didáctica anterior a la ecología. No posee algoritmos concretos o específicos que permitan resolverla de una manera rápida, por lo que, en este caso, iba a requerir de un importante proceso de búsqueda de información en diferentes medios para poder obtener resultados que permitiesen extraer conclusiones de interés. Es decir, su resolución debía ser del tipo de lápiz y papel.

### **NORMAS PARA EL TRABAJO EN GRUPO**

1. DEBÉIS JUNTAR CUATRO MESAS PARA TENER ESPACIO SUFICIENTE, PERO SIN HACER RUIDO.
2. LOS GRUPOS NO PUEDEN ESTAR PRÓXIMOS.
3. NO OS PODÉIS LEVANTAR.
4. PODÉIS HABLAR DENTRO DEL GRUPO, PERO NO ENTRE GRUPOS Y EL RUIDO GENERAL DE LA CLASE NO PUEDE SER ELEVADO.
5. CADA GRUPO ESCUCHARÁ LAS EXPOSICIONES DE LOS OTROS GRUPOS Y, POR MEDIO DE UN PORTAVOZ, DEBERÁ SER ESCUCHADO EN SUS EXPOSICIONES.

### **NORMAS PARA LA RESOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS EN GRUPO**

1. DEBE TRABAJAR TODO EL GRUPO.
2. A QUIÉN NO TRABAJE SE LE ASIGNARÁ TRABAJO EXTRA INDIVIDUAL O SERÁ SEPARADO DEL GRUPO.
3. DEBÉIS SEGUIR POR ORDEN LOS CINCO PUNTOS DE LA PLANTILLA.
4. CADA ALUMNO DEBE REALIZAR TODOS LOS PUNTOS. NO PODÉIS REPARTIR LOS PUNTOS ENTRE LOS MIEMBROS DEL GRUPO.
5. DEBÉIS PENSAR Y DISCUTIR CADA PUNTO ENTRE LOS MIEMBROS DEL GRUPO PARA EXTRAER MEJORES IDEAS Y MÁS COMPLETAS.

### **NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE LOS INFORMES DE LOS PROBLEMAS**

1. FOLIOS BLANCOS:
  - A UNA CARA, A LIMPIO, A ORDENADOR O A MANO (escrito por una sola persona).
  - SE RESPETARÁN LOS CUATRO MÁRGENES.
  - SE NUMERARÁN LAS PÁGINAS.
2. LA PORTADA LLEVARÁ:
  - ENUNCIADO DEL PROBLEMA.
  - ASIGNATURA Y CURSO.
  - NOMBRE COMPLETO DE TODOS LOS MIEMBROS DEL GRUPO.
3. SE DEBE AÑADIR UN ÍNDICE CON EL NÚMERO DE PÁGINA DE CADA APARTADO.
4. SE DEBE AÑADIR AL FINAL LA BIBLIOGRAFÍA DE DONDE SE HAYA COGIDO INFORMACIÓN (libros, revistas, libro de la asignatura, Encarta, etc.).
5. FOLIOS SIN GRAPAR EN UN PORTAFOLIOS (plástico).

**ILUSTRACIÓN 16.** Normas para el trabajo en grupos, la resolución de las situaciones problemáticas y la elaboración de informes.

Consciente de las dificultades que tendrían los alumnos en dicha búsqueda de información, bien por ausencia de práctica o bien por la poca disponibilidad de medios documentales, el profesor-investigador disponía de materiales documentales de interés para su resolución. Pese a la ausencia de dichos algoritmos específicos, con los datos encontrados en la documentación se podían realizar algunas operaciones matemáticas sobre la variación del número de individuos de las poblaciones de lechuzas y ratones a lo largo del tiempo que, aunque no permiten obtener valores definitivos, sí podían orientar en gran medida su resolución.

Tras haber intentado su resolución siguiendo las fases de la "Plantilla" como deberes individuales para casa, se les hizo juntarse, durante un par de sesiones de aula, por grupos de entre 2 y 5 alumnos (elegidos por ellos mismos) para poner en común sus resoluciones individuales y con el fin de que llegasen a un acuerdo de resolución grupal. El profesor-investigador se acercaba a cada grupo orientando, resolviendo dudas tanto de la situación problemática como de la plantilla de resolución, reconociendo y verificando formas de pensamiento en los alumnos, aportando ideas, haciendo cumplir las normas de organización del aula, etc. Al finalizar las dos sesiones, cada grupo de alumnos debía elaborar un informe, siguiendo las fases de la plantilla y cumpliendo sus normas de elaboración, para lo cual se les puso un plazo de entrega de tres días. Tras la entrega y corrección de las memorias de resolución, el profesor-investigador expuso al grupo-aula las dificultades encontradas, los errores cometidos, los aciertos y los resultados y conclusiones que habían obtenido los diferentes grupos. Es decir, estaban entrenando la dinámica del aula, los tiempos de resolución y de entrega de los informes, así como reconociendo el rol del profesor y su propio rol.

La programación del curso continuó con una metodología más tradicional, centrándose en el libro de texto (Barrio, Bermúdez, Faure & Gómez, 2003), las explicaciones del profesor y la resolución de cuestiones tradicionales. Fue en la siguiente UD relacionada con la Química en la que se hizo a los alumnos afrontar una nueva situación problemática:

<p><b>Los servicios de limpieza echan sal cuando hay hielo en las calles. ¿Cuál es la razón?</b></p>
--

En ella se trabajó la MRPI con la misma dinámica añadiendo el importante aspecto de la exposición de los resultados obtenidos al grupo-aula. Hay que considerar que las características de esta nueva situación problemática la hacían diferente de las dos anteriores e, incluso, de las que trabajarían en la unidad de ecología. En este caso, su resolución sí permite el diseño y realización de experimentos, con un riguroso control de las variables que van a intervenir, para poder obtener resultados que permitan extraer conclusiones de interés. Dichos experimentos deberían realizarlos los alumnos en sus casas para luego contar cómo los habían desarrollado y los resultados obtenidos.

Tras esta situación problemática de entrenamiento se prosiguió con el libro de texto hasta la UD de ecología.

El entrenamiento se retomaba con la Situación Problemática 0 de la UD de ecología, por tanto, ésta no es considerada para el análisis de datos que permita dar respuesta al interrogante sobre el aprendizaje de la MRPI de los alumnos del GEXP.

**Situación Problemática 0 de la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas”**

**Imagina que eres el responsable de un espacio natural y descubres que van muriendo muchos individuos de la misma población de Águila Imperial Ibérica. ¿Cómo actuarías?**

Fue empleada como una tarea individual para los alumnos durante las vacaciones de navidad. Con ella se pretende complementar el entrenamiento y afianzar su práctica en la MRPI antes de comenzar el trabajo en grupos cooperativos de las cuatro situaciones problemáticas objeto del estudio.

Esta situación problemática se encuentra en el Anexo III desarrollada por el profesor-investigador.

### **3.3.2. El trabajo individual y en grupo en el aula**

En las investigaciones didácticas es necesario conocer cómo se trabaja en el aula de forma pormenorizada, pues de lo contrario se podrían presentar incoherencias respecto a los fundamentos teóricos, en este caso de la MRPI como metodología indagativa.

Tras el entrenamiento comentado en el apartado anterior, el inicio de las situaciones problemáticas de la UD, propiamente dicha, se realizó en el segundo trimestre del curso 2003-2004. El trabajo en el aula se realiza en grupos cooperativos, por tanto, la evaluación de los aprendizajes de los alumnos se realiza con las producciones grupales de la resolución de las situaciones problemáticas y con las producciones individuales de las pruebas finales de evaluación de cada alumno.

Al presentar la UD se especificaron los objetivos que se pretendían con el desarrollo de la misma y se formaron los grupos de trabajo de 2 a 5 componentes cada uno de ellos y creados por ellos mismos.

Los alumnos trabajan con el material de consulta necesario para facilitar la búsqueda de información que les permita encontrar soluciones a las situaciones problemáticas planteadas. Estos materiales se entregan en función del requerimiento de información necesaria, a demanda de los grupos, para el avance en la resolución de las situaciones problemáticas de los diferentes grupos. Por ello se puede decir que se atiende a la diversidad de los grupos en función de las necesidades de los alumnos para continuar con la resolución de la situación problemática y con su aprendizaje. Este aspecto es considerado esencial por la MRPI al tratarse de una característica necesaria dentro de las metodologías indagativas.

El tiempo estimado para la resolución de cada situación problemática es de 2 sesiones u horas lectivas, aunque siempre depende de los ritmos de los alumnos y otros

condicionantes propios del contexto escolar. Las tareas que se abordan en estas dos sesiones se asemejan a las propuestas por Jonassen (2011):

- **1ª sesión:** Se centra en las primeras fases de la resolución de situaciones problemáticas: análisis, reformulación, restricción y diferenciación de los aspectos y conceptos relevantes, elaboración de hipótesis, diseño del experimento y/o plan de investigación, elección de hipótesis a investigar, etc. Según avanza cada grupo solicita ayuda o más información para seguir avanzando, para ello el profesor dispone de material complementario para que prosigan con la resolución.
- **2ª sesión:** Cada grupo continúa la resolución de la situación problemática desde donde terminó la anterior sesión para luego buscar datos y pruebas, en la documentación complementaria, las orientaciones del profesor y su libro de texto, con el fin de analizarlos y extraer conclusiones para seguir investigando lo adecuado o no de sus hipótesis.

Finalizadas las dos sesiones se fija un plazo adecuado de tiempo, entre 2 y 4 días, para que los alumnos elaboren en casa el informe o trabajo, uno por grupo, cuidando su presentación. En este informe se deben recoger todas las fases que han seguido para su resolución de la situación problemática.

Durante ambas sesiones, en cada situación problemática, el profesor pasea entre los grupos y los atiende en sus cuestiones y dudas, pero no las responde directamente sino que sugiere ideas, incluso planteando nuevas cuestiones y dudas. Hace aclaraciones y orienta a los alumnos, tanto a los grupos como a toda el aula, según lo considere adecuado en cada momento. El objetivo es que sean los alumnos los que reflexionen y encuentren las respuestas y soluciones pensando por sí mismos, en base a las aclaraciones planteadas. En ocasiones, algunas de estas reflexiones salían de cada grupo de trabajo hacia el resto de la clase en el momento en que se producían. Estas reflexiones y puestas en común de los grupos de trabajo potencian el aprendizaje (Taconis, Ferguson-Hessler & Broekkamp, 2001).

Por tanto, el profesor-investigador tiene el papel principal de orientador y guía de la actividad de aprendizaje de los contenidos mediante la MRPI, como ponen de manifiesto diferentes investigadores (Hmelo-Silver, 2004; Savery, 2006; Chin & Chia, 2006; Ge, Planas & Er, 2010; Jonassen, 2011). En general, tiene dos tipos de funciones:

### **1. Organizativas del aula y de la actividad:**

- Controlar la organización del aula, así como el clima de trabajo.
- Explicar cómo se desarrollará la actividad y su objetivo.
- Organizar el desarrollo de la resolución de cada situación problemática, de cada grupo y del grupo-aula.
- Actuar de moderador en las argumentaciones de los alumnos.

## **2. Canalizadora de ideas e información:**

- Facilitar información cuando lo requieran los alumnos.
- Resolver cuestiones y dudas mediante sugerencias y nuevas cuestiones, es decir, no responder directamente cualquier pregunta relacionada con el problema.
- Generar nuevas ideas o perspectivas según el trabajo de cada grupo.
- Extraer conclusiones de cada grupo de trabajo con las ideas importantes que aportan y que deben conocer todos los alumnos de la clase.
- Aclarar los conceptos e ideas de interés que conviene que aprendan relacionados con cada situación problemática trabajada.

Se estableció una dinámica de comunicación entre profesor y estudiantes que permitía detectar sus dificultades, favorecer su aprendizaje y realizar un seguimiento de los avances que realizaban los alumnos.

Posteriormente y tras la corrección de los informes de resolución de las situaciones problemáticas, se emplea parte de una sesión (hora lectiva) para conclusiones y aclaraciones que deben conocer los alumnos para mejorar su aprendizaje. Este es el momento en que los alumnos ponen en común las dificultades encontradas, los diferentes puntos de partida e hipótesis que habían guiado las resoluciones de cada equipo, explican sus resoluciones a los compañeros y dan argumentos de las razones que les han hecho tomar dichas decisiones. Se trata de que los alumnos compartan sus ideas, las complementen con las de otros alumnos y realicen aprendizajes contextualizados. Además, sus argumentaciones favorecen el aprendizaje significativo, el desarrollo de competencias comunicativas y la dimensión competencial del análisis de los resultados al coordinar sus conclusiones con los datos y pruebas hallados durante la investigación (Kuhn, 2005; Jiménez Aleixandre & Erduran, 2008; Jiménez Aleixandre, 2010). Se cree que una parte esencial del aprendizaje de cualquier disciplina se basa en el aprendizaje del lenguaje de esa disciplina (Chi, Bassok, Lewis, Reimann & Glaser, 1989; Lemke, 1990; Chi, Leeuw, Chiu & LaVancher, 1994).

Desde una perspectiva constructivista, esta forma de trabajo les permite:

- Implicarse en la tarea de clarificar sus propios puntos de vista desde las primeras fases del trabajo.
- Ser conscientes de las ideas que ya poseen y de si les son o no útiles ante las situaciones en las que deben aplicarlas. Este proceso de acomodación o reestructuración cognitiva es gradual.
- Tener oportunidad de argumentar y discutir sus puntos de vista, lo que les permite confrontar sus conocimientos y generar el conflicto cognitivo para producir el cambio conceptual.



- Aplicar los nuevos conceptos en otras situaciones, en especial relacionadas con el mundo cotidiano. Las nuevas concepciones son potencialmente fructíferas y les permiten resolver nuevos problemas.

Se puede comprobar en todo el proceso que se es fiel a los modelos didácticos indagativos. El profesor-investigador orienta y guía el proceso de enseñanza-aprendizaje mientras que el alumno es el responsable de su propio aprendizaje (Barrows, 2002; Hmelo-Silver, 2004; Hmelo-Silver & Barrows, 2006).

### **3.3.3. Secuencia del desarrollo de actuaciones en el GEXP**


La dinámica del aula comentada en el apartado anterior para llevar a cabo toda la UD de la investigación, tanto para el trabajo individual como en grupos cooperativos, fue registrada en un calendario de actuaciones.

Este calendario se considera una herramienta necesaria para el control de los tiempos con el fin de poder igualar la temporalización de toda la secuencia didáctica de la unidad entre los dos grupos. También es necesario para establecer una coordinación con el calendario de actuaciones del GCON y verificar en su comparativa que no existen grandes diferencias entre ambos grupos en los tiempos dedicados a la UD del estudio.

La dedicación temporal para toda la UD con el GEXP fue de 14 sesiones (horas lectivas) siendo las sesiones de clase con los alumnos correspondientes a periodos lectivos de 55 minutos. En estas 14 sesiones se incluyen:

- Una sesión para la 1ª situación problemática, pues su resolución debía realizarse por los alumnos de forma individual durante las vacaciones de navidad.
- Dos sesiones para cada una de las cuatro situaciones problemáticas restantes cuya resolución se realiza en grupos cooperativos de alumnos.
- Una sesión para la salida de campo.
- Tres sesiones de vídeo como material complementario (Anexo II).
- Una sesión de evaluación.

En la Tabla 7 aparecen las actuaciones llevadas a cabo durante la Fase Experimental, de aplicación de la MRPI con el GEXP, para la resolución de las situaciones problemáticas de la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas”.

MES - DÍA		ACTUACIÓN REALIZADA
Diciembre	17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarea individual para navidad. Dar enunciado de la Situación Problemática 0: "Imagina que eres el responsable de un espacio natural y descubres que van muriendo muchos individuos de la misma población de Águila Imperial Ibérica. ¿Cómo actuarías?".</li> </ul>
Enero	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrega del trabajo individual del Águila Imperial Ibérica.</li> </ul>
	16	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sesión de repaso de la plantilla con un experimento real en vídeo: "El Alimoche".</li> <li>Dar el enunciado de la Situación Problemática 1 (Deberes): "¿Podría vivir el Águila Imperial Ibérica en otro ecosistema?".</li> </ul>
	19	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación Problemática 1 (1ª Sesión)</li> </ul>
	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>Salida a Chapinería con 2ºF y 2ºG: Centro de Educación Ambiental "El Águila".</li> </ul>
	21	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación Problemática 1 (2ª Sesión)</li> </ul>
	22	<ul style="list-style-type: none"> <li>Salida a Chapinería con 2ºE y 2ºA-B del GCON: Centro de Educación Ambiental "El Águila".</li> </ul>
	23	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dar enunciado de la Situación Problemática 2 (Deberes): "¿Qué habría que tener en cuenta para diseñar un pequeño espacio en el que poder observar individuos vivos de diferentes especies?".</li> </ul>
	26	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación Problemática 2 (1ª Sesión)</li> </ul>
	28	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación Problemática 2 (2ª Sesión)</li> <li>Dar enunciado de la Situación Problemática 3 (Deberes):   <pre> graph LR     PINO --&gt; PROCESIONARIA     PROCESIONARIA --&gt; CUCO     CUCO --&gt; HALCÓN     PINO --&gt; BACTERIAS_Y_HONGOS[BACTERIAS Y HONGOS]     PROCESIONARIA --&gt; BACTERIAS_Y_HONGOS     CUCO --&gt; BACTERIAS_Y_HONGOS     HALCÓN --&gt; BACTERIAS_Y_HONGOS </pre> </li> </ul> <p>Observa la secuencia de alimentación y explica ¿qué les sucedería al resto de especies si una enfermedad afecta a los cucos haciéndolos desaparecer?</p>

**TABLA 7 (1/2).** *Calendario de aplicación de la MRPI con el GEXP para la UD: "Materia y Energía en los Ecosistemas".*

MES - DÍA		ACTUACIÓN REALIZADA (Continuación)
<b>Febrero</b>	<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación Problemática 3 (1ª Sesión)</li> </ul>
	<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación Problemática 3 (2ª Sesión)</li> </ul>
	<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sesión de vídeos: "Relaciones entre especies" y "Construcción de un acuario".</li> <li>Dar enunciado de la Situación Problemática 4 (Deberes): "¿Cuántas vacas puede mantener un prado?"</li> </ul>
	<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación Problemática 4 (1ª Sesión)</li> </ul>
	<b>13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación Problemática 4 (2ª Sesión)</li> </ul>
	<b>16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sesión de vídeos: "Bioelementos y Ciclo de nutrientes", "Oxígeno y Fotosíntesis", "Ciclo del Nitrógeno" y "Ecosistemas sin sol".</li> <li>Reflexiones sobre los vídeos y todo el trabajo realizado.</li> </ul>
	<b>20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programar el examen de ecología para el día 1 de marzo. Explicar que se les preguntarán los conceptos trabajados en los problemas y se les pondrá un problema.</li> </ul>
<b>Marzo</b>	<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Examen de ecología.</li> </ul>
	<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuestionario a los alumnos de la MRPI utilizada en esta asignatura.</li> </ul>
	<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrega de exámenes de ecología corregidos y su solución en clase.</li> </ul>

**TABLA 7 (2/2).** *Calendario de aplicación de la MRPI con el GEXP para la UD: "Materia y Energía en los Ecosistemas".*

### **3.4. Coordinación con el profesorado del GCON**

Durante todo el proceso de desarrollo de la Fase Experimental se realizó una coordinación continua entre el profesor-investigador del GEXP y la profesora del GCON.

Es evidente que la coordinación exacta de las actuaciones en ambos grupos GEXP y GCON no es posible por la diferencia de planteamientos metodológicos seguidos y de los materiales utilizados.

No obstante, se puede comprobar que el tiempo invertido por ambos profesores es prácticamente el mismo. La resolución de las situaciones problemáticas ocupa un espacio temporal similar al que utiliza la profesora del GCON en el tratamiento de toda la UD de ecología por medio de sus explicaciones y la resolución de cuestiones tradicionales del libro de texto. Es decir, con una única situación problemática en el GEXP se trabajan muchos de los contenidos que la profesora del GCON explica a los alumnos en varias sesiones de aula.

La dedicación temporal para toda la UD con el GCON fue de 14 sesiones (horas lectivas) siendo las sesiones de clase con los alumnos correspondientes a periodos lectivos de 55 minutos. En estas 14 sesiones se incluyen:

- Nueve sesiones de clase basadas en las explicaciones de la profesora, siguiendo el libro de texto y realizando cuestiones de éste.
- Una sesión para la salida de campo, al igual que el GEXP.
- Las sesiones de vídeo como material complementario (Anexo II), al igual que el GEXP.
- Una sesión de evaluación, al igual que el GEXP.

En la Tabla 8 aparecen las actuaciones llevadas a cabo durante el desarrollo de la UD de ecología con el GCON. Si se comparan ambos calendarios de las sesiones de los GEXP y GCON y de sus actuaciones se puede comprobar y corroborar que existe una temporalización similar en ambos grupos.

MES - DÍA		ACTUACIÓN REALIZADA
<b>Enero</b>	<b>20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salida a Chapinería con 2°C y 2°D: Centro de Educación Ambiental "El Águila".</li> </ul>
	<b>22</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salida a Chapinería con 2°A, 2°B y 2°E del GEXP: Centro de Educación Ambiental "El Águila".</li> </ul>
<b>Febrero</b>	<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuestiones iniciales del tema (pág. 202).</li> <li>• Concepto de ecología.</li> <li>• Conceptos de Especie, Población, Comunidad, Biotopo y Ecosistema. Ejemplos.</li> <li>• Actividades página 203. Corregidas el mismo día.</li> </ul>
	<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biomas. Ejemplos.</li> <li>• Factores del Ecosistema: <ul style="list-style-type: none"> <li>-Abióticos (resumen).</li> <li>-Bióticos. Asociaciones Intraespecíficas.</li> </ul> </li> <li>• Actividades página 204 y 205.</li> </ul>
	<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrección de actividades página 204 y 205.</li> <li>• Asociaciones Interespecíficas (por el libro).</li> <li>• Actividades páginas 206 y 219 (números 1 y 2).</li> </ul>
	<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrección de actividades páginas 206 y 219 (números 1 y 2).</li> <li>• Materia y Energía en los Ecosistemas.</li> <li>• Actividades páginas 207 y 219 (números 3, 4 y 5).</li> </ul>
	<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrección de actividades páginas 207 y 219 (números 3, 4 y 5).</li> <li>• Nicho Ecológico.</li> <li>• Niveles tróficos.</li> <li>• Actividades páginas 208 y 219 (números 6, 7, 8 y 9).</li> </ul>
	<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrección de actividades páginas 208 y 219 (números 6, 7, 8 y 9).</li> <li>• Lectura del "Te interesa saber" de la página 209.</li> <li>• Cadena trófica y redes tróficas.</li> <li>• Actividades página 209 (número 16) y 219 (número 10).</li> </ul>
	<b>16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrección de actividades página 209 (número 16) y 219 (número 10).</li> <li>• Ciclo del N y ciclo del C. Lo copian en su cuaderno y cuesta que lo entiendan.</li> <li>• Actividades página 219 (números 11, 12 y 13).</li> </ul>

**TABLA 8 (1/2).** Calendario del GCON para la UD: "Materia y Energía en los Ecosistemas".

MES - DÍA		ACTUACIÓN REALIZADA (continua)
Febrero	17	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrección de actividades página 219 (números 11, 12 y 13).</li> <li>• Ciclo del agua.</li> <li>• Actividades página 210.</li> <li>• Biomasa y Producción.</li> <li>• Pirámides tróficas.</li> </ul>
	19	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acabar actividades de la página 219.</li> <li>• Especies autóctonas.</li> <li>• Especies en peligro de extinción: problemas y soluciones.</li> <li>• Introducción de especies y ejemplos.</li> </ul>
	23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vídeo: "El Alimoche".</li> <li>• Vídeo: "Relaciones entre especies".</li> <li>• Vídeo: "Ecosistemas sin sol".</li> <li>• Vídeo: "Construcción de un acuario".</li> </ul>
	24	
Marzo	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sesión de vídeos: "Bioelementos y Ciclo de nutrientes", "Oxígeno y Fotosíntesis", "Ciclo del Nitrógeno".</li> </ul>
	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examen de ecología.</li> </ul>
	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega de exámenes de ecología corregidos y su solución en clase.</li> </ul>

**TABLA 8 (2/2).** *Calendario del GCON para la UD: "Materia y Energía en los Ecosistemas".*



## **CAPÍTULO 4**

**¿Qué resultados se han obtenido y  
cómo han sido analizados?**





Una vez que ha quedado perfectamente definido el marco teórico sobre el que se enmarca el presente trabajo, explicado el diseño de la investigación y descrita la fundamentación de la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas”, en este capítulo se analizan los datos de los alumnos (Anexo V) recogidos con los diferentes instrumentos descritos en el Capítulo 2 en su Apartado 2.7.

Se busca dar respuesta a los interrogantes y contrastar el conjunto de hipótesis y subhipótesis derivadas en esta investigación. Para ello, el análisis de datos se realizará de forma cualitativa y cuantitativa, como se ha comentado en el Capítulo 2 en su Apartado 2.9., un análisis descriptivo para dar respuesta a los interrogantes de la investigación para los que no se realiza un análisis cuantitativo y, para otros interrogantes, un tratamiento estadístico para contrastar cada hipótesis y subhipótesis. Estos últimos, además, se complementarán con un análisis descriptivo para enriquecer y explicar sus resultados. En la Tabla 9 se indican de forma secuenciada el conjunto de estudios que aborda este capítulo detallando sus aspectos más relevantes.

Algunos apartados incluirán respuestas de las pruebas dadas por los alumnos, con el fin de ejemplificar mejor y aclarar cómo se han extraído los datos de los que derivan los resultados. Así se favorece que la investigación sea lo más completa posible. Para ello se tratará de variar dichos ejemplos entre los diferentes estudiantes de las muestras y los grupos cooperativos que trabajaron con la MRPI. La identificación del alumno o grupo que se escoge en cada una de las respuestas seleccionadas tendrá como ejemplos la siguiente notación:

- GEXP-A07-P.F.1-P6 (Pregunta 6 de la Prueba Final 1 del Alumno número 7 del Grupo Experimental).
- GEXP-Grupo6-SP3-DC2 (Dimensión Competencial 2 de la Situación Problemática 3 del Grupo 6 del Grupo Experimental).

Para comenzar, este capítulo busca una respuesta al primer interrogante y la Hipótesis 0 ( $H_0$ ) derivada para verificar que las muestras elegidas sean válidas para la investigación, es decir, que los sujetos de las muestras sean estadísticamente homogéneas, antes del proceso de enseñanza-aprendizaje, en el conocimiento de contenidos de ecología. Este es un requisito imprescindible para poder continuar con la investigación.

Interrogantes e Hipótesis		Objetivos	Aspectos estudiados	Grupos que intervienen	Recogida de datos		Análisis realizados
					Instrumentos utilizados	Momento respecto a la UD	
Primero - H <sub>0</sub>		Analizar la homogeneidad	Homogeneidad de las muestras	GEXP-GCON	P.I.	Previo	U de Mann-Whitney Descriptivo
Segundo		Analizar el aprendizaje de procedimientos	Aprendizaje de la MRPI	GEXP	Situaciones problemáticas de la MRPI	Durante su desarrollo	Descriptivo
Tercero - H <sub>1</sub>			Resolución de situaciones problemáticas habituales	GEXP-GCON	Problema deP.F.1	Posterior	U de Mann-Whitney Descriptivo
Cuarto - H <sub>2</sub>	H <sub>2.1</sub>	Analizar el aprendizaje de conceptos	Cambio conceptual	GEXP	P.I. y P.F.1	Posterior	Wilcoxon Descriptivo
	H <sub>2.2</sub>		Cambio conceptual	GEXP-GCON	P.F.1	Posterior	U de Mann-Whitney Descriptivo
	H <sub>2.3</sub>		Persistencia en el tiempo del cambio conceptual	GEXP-GCON	P.F.1 y P.F.2	Tras 6 meses de su conclusión	Wilcoxon Descriptivo
Quinto - H <sub>3</sub>		Analizar las actitudes frente a la MRPI	Actitud hacia la MRPI	GEXP	Cuestionario MRPI	Posterior	Descriptivo
Sexto							U de Mann-Whitney

**TABLA 9.** Relación entre los interrogantes planteados, las hipótesis, sus objetivos, los aspectos que se quieren estudiar, los grupos afectados, los instrumentos empleados, su momento de aplicación y los análisis realizados.

#### 4.1. Primer interrogante sobre la homogeneidad de los GEXP y GCON sobre conocimientos iniciales de ecología

El primer interrogante que se planteaba era: “¿Serán homogéneos el GEXP y el GCON en relación a sus conocimientos iniciales sobre ecología antes del proceso de enseñanza-aprendizaje?” Si no se cumpliera la homogeneidad de las muestras no se podría asegurar que las mejoras en el aprendizaje del GEXP frente al GCON fuesen debidas a la aplicación de la MRPI. Por ello se debe contrastar la hipótesis previa  $H_0$ :

Hipótesis 0 ( $H_0$ )
“Los alumnos de los GEXP y GCON tienen conocimientos iniciales semejantes sobre ecología con anterioridad a su tratamiento en 2º de ESO”

La investigación requiere que los GEXP y GCON tengan un punto de partida similar en relación a sus conocimientos sobre ecología, así se podrá analizar la evolución del aprendizaje de los alumnos comparando las metodologías con que los aprenden, la MRPI y una metodología tradicional. El requisito inicial de homogeneidad de ambos grupos se presupone según la descripción que se hizo de las muestras en el Apartado 2.3, no obstante, se debe verificar de forma estadística.

La Prueba Inicial (P.I.), que se adjunta y describe en el Capítulo 2 en su Apartado 2.7., es el instrumento a partir de cuyos datos (Anexo V) se realiza el análisis estadístico de los resultados obtenidos por ambos grupos. Esta prueba se aplicó a los estudiantes durante el desarrollo del primer trimestre del curso académico 2003-2004 con anterioridad al desarrollo de la UD de ecología.

Conviene recordar que para la elaboración de la P.I. se tuvo en cuenta, el análisis de la visión del mundo de los alumnos, sus concepciones alternativas y que los contenidos de ecología trabajados hasta 2º de ESO son reducidos y los alumnos no han podido generar conocimientos de muchos de los contenidos. Por ello se decidió resaltar las principales dificultades u obstáculos que podrían afectar de forma importante a la comprensión y construcción de los contenidos de esta UD, quedando estructurada en seis preguntas que abordan los contenidos sobre “respiración y fotosíntesis”, “la fertilidad del suelo que producen los descomponedores” y los conceptos esenciales de “medio ambiente”, “ecología”, “ecosistema” y “cadenas tróficas”.

La herramienta estadística utilizada para el análisis cuantitativo es la U de Mann-Whitney, que compara el rango medio de los datos de las dos muestras, GEXP y GCON, de forma combinada. La hipótesis nula es “los grupos son homogéneos en sus respuestas sobre los contenidos conceptuales de la P.I.”, frente a la hipótesis alternativa de que no lo son.

Los resultados se muestran en la Tabla 10. Para facilitar su interpretación se incluyen los enunciados de las preguntas, de forma completa o abreviada, así como sus opciones de respuesta.

Pregunta 1: Respiración-Fotosíntesis	GEXP 28 alumnos		GCON 58 alumnos		U de Mann-Whitney
¿Con cuál de estas frases estás más de acuerdo?	Nº	%	Nº	%	
1. Respirar es para los animales lo que la fotosíntesis para los vegetales.	7	25,0	3	5,2	<b>771,000</b> (p=0,661)
<b>2. La respiración es un proceso para obtener energía.</b>	0	0,0	18	31,0	
3. Las Mitocondrias son para los animales lo que los Cloroplastos para los vegetales.	1	3,6	3	5,2	
4. Respirar es tomar y expulsar aire, es decir, intercambiar gases con el ambiente.	20	71,4	34	58,6	
Pregunta 2: "Fertilidad del suelo y descomponedores"	GEXP		GCON		U de Mann-Whitney
¿Cuál de estas frases te convence más respecto al "suelo"?	Nº	%	Nº	%	
1. Se fertiliza con sustancias originadas por la descomposición y putrefacción de excrementos y organismos muertos debido al paso del tiempo y a los fenómenos meteorológicos.	21	75,0	32	55,2	<b>656,000</b> (p=0,095)
2. Pierde fertilidad con el tiempo y sólo la recuperará si es abonado por los humanos.	1	3,6	6	10,3	
<b>3. Se fertiliza con sustancias originadas por los microorganismos al descomponer excrementos y organismos muertos.</b>	6	21,4	19	32,8	
4. Posee sales minerales cuya cantidad no es fácil que varíe por la influencia de los seres vivos.	0	0,0	1	1,7	
Pregunta 3: Concepto de "medio ambiente"	GEXP		GCON		U de Mann-Whitney
¿Qué es para ti el medio ambiente?	Nº	%	Nº	%	
1. La suma del conjunto de seres vivos y de elementos no vivos en equilibrio natural perfecto y estable.	0	0,0	0	0,0	<b>763,000</b> (p=0,628)
<b>2. El conjunto de seres vivos y no vivos, relacionados de una forma que parece organizada, de los cuales dependemos.</b>	22	78,5	46	79,4	
3. El lugar en el que el conjunto de seres vivos y elementos no vivos se relacionan sin organización aparente.	5	17,9	9	15,5	
4. El conjunto de recursos vivos y no vivos que tienen utilidad para el ser humano.	1	3,6	3	5,2	
Pregunta 4: Concepto de "ecología"	GEXP		GCON		U de Mann-Whitney
La Ecología es:	Nº	%	Nº	%	
1. Un componente del medio que permite funcionar al medio ambiente.	0	0,0	0	0,0	<b>722,000</b> (p=0,331)
<b>2. Una ciencia que se ocupa del estudio del medio ambiente.</b>	15	53,6	38	65,5	
3. Un conjunto de seres vivos y elementos no vivos.	2	7,1	2	3,4	
4. Un movimiento social (grupo de personas) que lucha por el cuidado del medio ambiente.	11	39,3	18	31,0	
Pregunta 5: Concepto de "ecosistema"	GEXP		GCON		U de Mann-Whitney
El Ecosistema es:	Nº	%	Nº	%	
1. El lugar donde habitan los seres vivos.	10	35,7	15	25,9	<b>754,000</b> (p=0,547)
<b>2. El conjunto de seres vivos y elementos no vivos que hay en un lugar.</b>	14	50,0	35	60,3	
3. El conjunto de seres vivos que hay en un lugar.	2	7,1	8	13,8	
4. El conjunto de elementos no vivos que hay en un lugar.	2	7,1	0	0,0	
Pregunta 6: Concepto y comprensión de "cadenas tróficas"	GEXP		GCON		U de Mann-Whitney
Observa la secuencia de alimentación entre especies y explica ¿Qué sucedería a los pinos, procesionarias y halcones si una enfermedad afecta a los cucos haciéndolos desaparecer?	Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>Aumentan las procesionarias, disminuyen los pinos y disminuyen los halcones.</b>	13	46,4	31	53,4	<b>755,000</b> (p=0,544)
F (Falso). Otras respuestas que indican que no comprenden el concepto de cadenas tróficas.	15	53,6	27	46,6	

**TABLA 10.** Resultados sobre homogeneidad obtenidos en la P.I. En negrita se indican las respuestas correctas y los valores estadísticamente significativos ( $p > 0,05$ ).

El análisis cuantitativo, por tanto, muestra que las respuestas del alumnado son homogéneas en todas las preguntas del cuestionario con una significatividad estadística del 95%, estando en el nivel de confianza exigido para el estudio.

Tras este análisis estadístico inicial, y comprobada la homogeneidad de ambas muestras de los GEXP y GCON, a continuación se analizan cualitativamente los datos extraídos de la P.I. de los alumnos de ambos grupos para posteriormente analizar más profundamente el posible cambio conceptual que se produzca en ellos.

También en este análisis de la P.I. se trata de detectar las concepciones alternativas en ambos grupos en el momento inicial de la investigación, así como su coherencia con los datos recogidos en la bibliografía. Como se ha aclarado al inicio de este apartado se decidió resaltar las principales dificultades u obstáculos que podrían afectar de forma importante a la comprensión y construcción de los contenidos de esta UD, quedando estructurada en seis preguntas que abordan los siguientes contenidos:

### **Pregunta 1: Respiración y fotosíntesis.**

En esta pregunta, “¿Con cuál de estas frases sobre la “respiración” estás más de acuerdo?”, conviene tener en cuenta que se ha trabajado con alumnos de 2º de ESO, edad demasiado temprana para una comprensión adecuada de estos conceptos, ya que son muy difíciles de aprender como pone de manifiesto la investigación sobre las concepciones alternativas (Charrier, Cañal & Rodrigo, 2006). No obstante, es muy importante afrontarlas cuanto antes para trabajar estos contenidos abordando dichas concepciones alternativas para favorecer el cambio conceptual.

La opción más elegida por los alumnos de ambos grupos (71,4% del GEXP y 58,6% del GCON) es que “Respirar es tomar y expulsar aire, es decir, intercambiar gases con el ambiente”. Se trata de una de las concepciones alternativas más comunes para este concepto científico, como ponen de manifiesto algunas investigaciones (García Zaforas, 1991; Waheed & Lucas, 1992; García & García, 1992). Seguramente tiene su origen en el conocimiento cotidiano del concepto "respiración" que equivale al concepto científico de "ventilación" y que, como ya se sabe, es una de las mayores trabas para lograr un adecuado aprendizaje.

El 25% del GEXP y el 5,2% del GCON consideran correcta la 1ª opción de “Respirar es para los animales lo que la fotosíntesis para los vegetales”. Esta respuesta es bastante común en individuos de estas edades (García Zaforas, 1991). Para todos estos alumnos las actuaciones educativas previas han sido incapaces de conseguir que construyan conocimientos adecuados para poder reconocer la importante diferencia de estos procesos.

Un pequeño número de alumnos (3,6% del GEXP y 5,2% del GCON) eligen la 3ª opción “Las mitocondrias son para los animales lo que los cloroplastos para los vegetales”. Es incorrecta y seguramente se deba a que los alumnos de 2º de ESO han trabajado los contenidos de "mitocondrias" y "cloroplastos" de forma superficial y no significativa en cursos precedentes y, es evidente, que no han comprendido adecuadamente su intervención en los procesos de respiración y fotosíntesis.

La opción correcta es “La respiración es un proceso para obtener energía”. No es elegida por ningún alumno del GEXP, pero sí por el 31% del GCON. Si bien, estos contenidos no se trabajan en cursos precedentes este resultado sólo se puede explicar por la posibilidad de que sí hayan sido tratados por algún profesor en otra unidad didáctica o por la posibilidad de que sí hayan sido abordados por la profesora del GCON en la primera UD del curso y con anterioridad a la aplicación de la P.I.

La inadecuada comprensión de los conceptos de "respiración" y "fotosíntesis" dificultará enormemente la correcta comprensión de la manera que tienen los seres vivos de obtener la materia orgánica y la energía a través de la nutrición autótrofa y heterótrofa, de los niveles tróficos, de los ciclos del carbono y del oxígeno, del metabolismo celular que se trate en cursos posteriores, etc.

Por tanto, se requiere prestar una especial atención a estos contenidos para conseguir que el alumnado pueda construir unos conocimientos correctos desde la visión de la ciencia, tratando a su vez de superar aquellos conocimientos erróneos o incompletos que dificulten aprendizajes posteriores.

## **Pregunta 2: Suelo y descomponedores.**

La segunda pregunta hace referencia a frases sobre la “fertilidad del suelo y los organismos descomponedores”, ya que se considera que la inadecuada comprensión de los conceptos de "suelo", "fertilidad", "descomposición", "microorganismos descomponedores", etc., dificultará enormemente la adecuada comprensión de la manera que tienen los microorganismos de obtener la materia orgánica y la energía que necesitan, del cierre de los ciclos biogeoquímicos para comprender el ciclo de la materia, del metabolismo celular que se trate en cursos posteriores, su importancia en la agricultura y alimentación vegetal, etc.

El 75% de los alumnos del GEXP y el 55,2% del GCON escoge la 1ª opción “El suelo se fertiliza con sustancias originadas por la descomposición y putrefacción de excrementos y organismos muertos debido al paso del tiempo y a los fenómenos meteorológicos”. Se trata de una respuesta incorrecta que también aparece en la bibliografía como una creencia comúnmente aceptada (De Manuel & Grau, 1996). La mayor elección de esta 1ª opción puede tener su base en el conocimiento cotidiano y en la no observación a simple vista de los microorganismos descomponedores.

En lo que se refiere a la fertilidad del suelo, una pequeña proporción de alumnos (3,6% del GEXP y 10,3% del GCON) está de acuerdo con la 2ª opción “El suelo pierde fertilidad con el tiempo y sólo la recuperará si es abonado por los humanos” y sólo un alumno del GCON está de acuerdo con la 4ª opción “El suelo posee sales minerales cuya cantidad no es fácil que varíe por la influencia de los seres vivos”. Ambas opciones no son acordes con la ciencia y, aunque la proporción de alumnos que las eligen es muy baja, son respuestas bastante comunes en individuos de estos cursos (MEC, 1995). La 2ª opción evidencia una visión del mundo antropocéntrica y la 4ª indica una visión del mundo estática y simple.

La respuesta correcta es la 3ª opción “El suelo se fertiliza con sustancias originadas por los microorganismos al descomponer excrementos y organismos muertos” y es elegida por una cantidad de alumnos relativamente baja (21,4% del GEXP y 32,8% del GCON).

Será conveniente, por tanto, afianzar esta idea en estos alumnos y tratar de que el resto de alumnos la construyan e integren en su estructura de conocimientos. No obstante se requiere del empleo de estrategias metodológicas adecuadas que favorezcan el cambio conceptual hacia el conocimiento aceptado por la ciencia. Además, estos contenidos favorecerían el desarrollo en el alumnado de una visión del mundo más real al tratarse de una visión más biocéntrica, dinámica y compleja.

### **Pregunta 3: Medio ambiente.**

En esta pregunta se analiza lo que es el “medio ambiente” para los alumnos, concepto que se ha trabajado en cursos anteriores y que puede ser utilizado como sinónimo de otros conceptos como “hábitat”, “ecosistema”, etc. generando concepciones alternativas que dificulten la comprensión de otros conceptos en ecología.

Un 17,9% del GEXP y un 15,5 del GCON eligen la 3ª opción, que “el medio ambiente es un lugar en el que el conjunto de seres vivos y elementos no vivos se relacionan sin organización aparente”. Esta concepción alternativa está recogida en la bibliografía y evidencia una visión simple del mundo (García, 1992 y 1995). Se podría considerar una respuesta lógica si aún no se hubiese tratado este contenido con la suficiente profundidad en los alumnos de estas edades, no obstante, no parece el caso debido al bajo porcentaje de alumnos que dan esta respuesta ya que en cursos preliminares sí deberían haberlo trabajado.

Un pequeño porcentaje, un 3,6% del GEXP y un 5,2 del GCON, elige la 4ª opción, que “el medio ambiente es el conjunto de seres vivos y no vivos que tienen utilidad para el ser humano”. También es incorrecta y pone de manifiesto una visión antropocéntrica del mundo que va siendo superada por los alumnos, como demuestra el bajo porcentaje que la elige.

En esta investigación no es seleccionada por ningún alumno la 1ª opción en la que “el medio ambiente es la suma del conjunto de seres vivos y de elementos no vivos en equilibrio natural perfecto y estable” que sí es habitual en otros estudios (Astolfi, 1987) y pondría de manifiesto las ya mencionadas visiones simple y estática del mundo.

Por último, una importante proporción de alumnos (78,5% del GEXP y 79,4% del GCON) escoge la 2ª opción, que es la que se considera correcta, en la que se define el medio ambiente como “un conjunto de seres vivos y elementos no vivos aparentemente organizados y de los cuales dependemos los seres humanos”. Esta opción favorece una visión del mundo más biocéntrica que permitirá en gran medida el desarrollo de la visión del mundo más dinámica y compleja.

Se debe, por tanto, tratar de favorecer el cambio conceptual en lo que se refiere a las concepciones incorrectas desde el punto de vista de la ciencia actual, así como afianzar



la idea expresada en la 2ª opción, pues la interpretación adecuada del "medio ambiente" ayudará en la comprensión de muchos de los contenidos relacionados con la ecología y los ecosistemas.

#### **Pregunta 4: Ecología.**

La cuarta pregunta hace referencia al concepto de "ecología" y su comprensión por parte del alumnado.

Ningún alumno selecciona la 1ª opción de que la ecología sea "un componente del medio que permite funcionar al medio ambiente" y un reducido número de ellos (7,1% del GEXP y 3,4% del GCON) eligen la 3ª opción de que la ecología sea "un conjunto de seres vivos y elementos no vivos". Esta última, seguramente, por confusión con el concepto de "ecosistema". Estas ideas deben ser tenidas en cuenta para tratar de desmontarlas y favorecer así la construcción de ideas científicas.

El 39,3% del GEXP y 31% del GCON mantiene la idea de que "la ecología es un movimiento social (grupo de personas) que lucha por el cuidado del medio ambiente". Una posible explicación se puede encontrar en que el concepto de "ecología" es bastante común en el lenguaje cotidiano (televisión, prensa, aula, etc.) lo que favorece la construcción de concepciones alternativas por los sujetos si no se emplea convenientemente. Este concepto suele aparecer asociado a las acciones en defensa del medio ambiente que realizan los grupos ecologistas, por lo que no es ilógico que lo asocien. El problema es que estas ideas incorrectas son más difíciles de transformar a través de la instrucción tradicional.

Por último, una importante proporción de alumnos (53,6% del GEXP y 65,5% del GCON) están de acuerdo con la idea correcta de que "la ecología es una ciencia relacionada con el estudio del medio ambiente". Aunque aquí habría que considerar lo que entienden por "medio ambiente".

Tiene, por tanto, un interés especial el conseguir que los alumnos con ideas equivocadas realicen el adecuado cambio conceptual para que consideren la "ecología" como una ciencia, como un campo de conocimiento al que deberán ir relacionando con el estudio de los ecosistemas, las múltiples relaciones que se establecen entre los seres vivos, entre los factores no vivos y entre ambos, las cadenas, redes y pirámides tróficas, las adaptaciones de los seres vivos a los diferentes ecosistemas, etc. Todos ellos contenidos de enorme interés para favorecer en el alumnado el desarrollo de una visión del mundo más biocéntrica, dinámica y compleja.

#### **Pregunta 5: Ecosistemas.**

Esta pregunta investiga lo que los alumnos entienden por el concepto de "ecosistema", ya trabajado en cursos precedentes.

El 35,7% del GEXP y 25,9% del GCON están de acuerdo con la 1ª opción en la que "el ecosistema es el lugar donde habitan los seres vivos". Esta elección errónea indica la

inadecuada construcción del concepto cuando se trató en cursos anteriores, al estar confundiéndose o asimilándose al concepto de “hábitat”.

Una pequeña proporción de alumnos (7,1% del GEXP y 13,8% del GCON) eligen la 3ª opción. Para ellos “el ecosistema es el conjunto de seres vivos que hay en un lugar”, es decir, lo están confundiendo con el concepto de “biocenosis” y supone que en cursos anteriores los alumnos no realizaron un aprendizaje significativo de esos contenidos.

Otra pequeña proporción de alumnos (7,1% del GEXP) eligen la 4ª opción. Para ellos “el ecosistema es el conjunto de elementos no vivos que hay en un lugar”. Esta respuesta es incorrecta por confundirse con el concepto de “biotopo”.

Por último, el 50% del GEXP y 60,3 % del GCON escoge la 2ª opción, correcta, “el ecosistema es el conjunto de seres vivos y elementos no vivos que hay en un lugar, así como sus múltiples interrelaciones”. Esta respuesta indica que los alumnos han construido una idea académicamente correcta, lo que podría deberse a que este concepto no es tan comúnmente utilizado en el lenguaje cotidiano.

De la misma manera que en la cuestión anterior, tiene un interés especial el conseguir que los alumnos realicen el cambio conceptual para que construyan de forma adecuada el concepto de "ecosistema" como la unidad de estudio de la ecología. Lo que a su vez favorecerá la comprensión de otros contenidos de especial importancia para esta UD.

#### **Pregunta 6: Cadenas tróficas.**

La última pregunta de esta prueba inicial hace referencia al conocimiento y comprensión del concepto de “cadenas tróficas”. La respuesta correcta sería que la población de procesionaria aumentaría al disminuir la de su depredador, el cuco, y la del pino descendería al aumentar la de su principal consumidor, la procesionaria. Además la población de halcones disminuiría al verse reducida la población de su principal presa. No obstante, las cadenas tróficas no son nunca tan rígidas y el halcón seguramente se alimentaría de otras presas.

El 46,4% del GEXP y el 53,4% del GCON contestan de manera apropiada a la variación de las tres especies que quedan tras la desaparición del cuco.

El resto de las respuestas de los alumnos (53,6% del GEXP y 46,6% del GCON) se distribuye entre otras respuestas incorrectas o incompletas. Hay que destacar el conjunto de alumnos que indican acertadamente el aumento en la población de procesionaria y el descenso de la población de halcones. Estos, junto a los que sólo mencionan el aumento o descenso de una de las especies, permiten extraer la conclusión de la gran dificultad que supone relacionar varios factores a la vez, así como extraer consecuencias y relaciones no lineales en lo que se refiere a la comprensión de las cadenas tróficas, en consonancia con las ideas piagetinas (Shayer & Adey, 1984). Por otra parte, evidencia una visión del mundo simple que debe ser modificada.

Algunas de las respuestas expresadas por los alumnos permiten verificar la información encontrada en la bibliografía al observar en ellas un establecimiento de

relaciones lineales sencillas entre los elementos de la cadena, como el alumnado que afirma que los halcones se alimentarían de las procesionarias, e incluso para los que las cadenas tróficas son algo rígido que si se alteran tenderían a desaparecer totalmente todos los individuos que la constituyen (García, 1992; Fernández & Casal, 1995; De Manuel & Grau, 1996). De nuevo se evidencia una visión del mundo estática y simple que debe ser reestructurada.

Son pocos los alumnos que dan respuestas totalmente incorrectas en el sentido de que no les pasa nada a los halcones o que aumentarían su población. Probablemente la causa de esta última respuesta sea que entienden la cadena al revés y por tanto los halcones se van a poder seguir alimentando de algo, como la procesionaria que sería entonces el siguiente nivel.

Resulta realmente curioso comprobar que son minoría los que interpretan de forma correcta la cadena trófica presentada, y todo a pesar de que este concepto se empieza a abordar en educación primaria. No obstante se seguirá tratando posteriormente en varios cursos de la ESO. Por ello, y de la misma manera que en las cuestiones anteriores, tiene un interés especial el conseguir que los alumnos que lo precisen realicen un cambio conceptual sobre las "cadenas tróficas" y puedan construir una visión del mundo más biocéntrica, dinámica y compleja.

Por tanto, como contrastación de esta Hipótesis ( $H_0$ ) en base a los resultados obtenidos en el análisis cuantitativo de este apartado sobre la homogeneidad de las muestras y, tras realizar el análisis cualitativo, se puede dar respuesta a este primer interrogante y concluir que:

**Las dos muestras de alumnos, GEXP y GCON, de este estudio se consideran estadísticamente homogéneas al inicio del proceso de enseñanza-aprendizaje para los conocimientos sobre ecología seleccionados en la P.I.**

#### **4.2. Segundo interrogante sobre el aprendizaje de los procedimientos de la competencia científica por medio de la MRPI en el GEXP**

Una vez obtenida una respuesta favorable a la investigación en relación al primer interrogante sobre la homogeneidad de los GEXP y GCON, se buscan respuestas al resto de preguntas relacionadas con el aprendizaje de procedimientos, conceptos y actitudes.

El segundo interrogante hace referencia al aprendizaje de los procedimientos o dimensiones competenciales científicas tras la aplicación de la MRPI por medio de la resolución de situaciones problemáticas, que se ha utilizado con el GEXP en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se enunciaba así: **“¿Aprenderán los estudiantes del GEXP los procedimientos de la MRPI, trabajados en la resolución de situaciones problemáticas, permitiéndoles alcanzar niveles altos de resolución en cada una de las dimensiones competenciales de la competencia científica?”**

El estudio del aprendizaje de la MRPI se analiza mediante la evaluación de las cinco fases de la MRPI que se corresponden con las dimensiones competenciales (DC) de la competencia científica, como se ha detallado en el Capítulo 2, en su Apartado 2.7.1.1. Dicha evaluación se realiza para las cuatro situaciones problemáticas que se han diseñado y seleccionado para ser trabajadas por los grupos cooperativos de alumnos del GEXP de la UD de ecología.

Se recuerda, como se aclara en el Capítulo 2 en su Apartado 2.7.1.1 y en el Capítulo 3 en su Apartado 3.2.4, que las situaciones problemáticas analizadas para este interrogante van de la 1 a la 4, ya que la Situación Problemática 0 de la UD fue trabajada por los alumnos de forma individual porque se consideró necesario que formase parte del entrenamiento de la Fase Preliminar.

La evaluación de las situaciones problemáticas se realiza para cada una de las dimensiones competenciales (DC) definidas en el modelo según su nivel de resolución. La valoración del nivel de elaboración de éstas se lleva a cabo empleando la plantilla de la Ilustración 4, Capítulo 2 en su Apartado 2.7.1.1. En esta plantilla se diferencian los criterios o niveles de evaluación de cada DC:

- Nivel 0: Nula resolución. No lo realizan.
- Nivel 1: Incoherente o irrelevante.
- Nivel 2: Resolución media. Escasa o con importantes carencias.
- Nivel 3: Satisfactoria, pero incompleta.
- Nivel 4: Máxima resolución. Muy satisfactoria y completa.

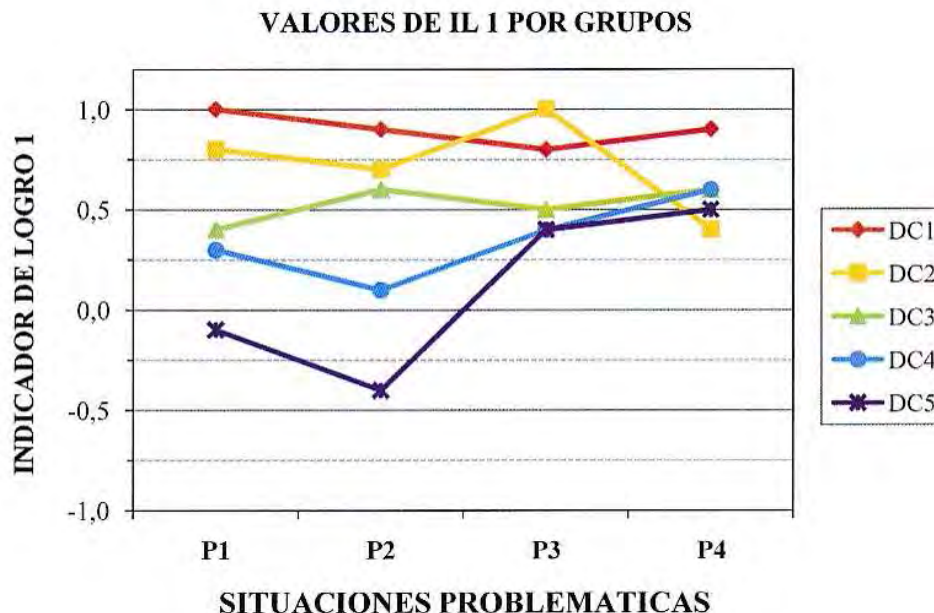
El conjunto de valores obtenido por los grupos cooperativos de alumnos se muestra en la Tabla 28 (Anexo V).

También, para obtener mayor información del grado de resolución de las situaciones problemáticas por los grupos, al igual que hacen otros autores (Martínez Aznar & Varela, 2009; Rodríguez Arteche, Martínez Aznar & Garitagoitia Cid, en prensa; Pavón & Martínez Aznar, 2014) se determinan dos indicadores de logro (IL), ya comentados en el Apartado 2.7.1. A continuación, en la Tabla 11 se muestran los resultados alcanzados por los grupos cooperativos de estudiantes para cada DC en los dos indicadores de logro (IL1 e IL2).

<b>Dimensión</b>	<b>Situación Problemática1</b>			<b>Situación Problemática2</b>			<b>Situación Problemática3</b>			<b>Situación Problemática4</b>		
	IL1	IL2	$\sigma$	IL1	IL2	$\sigma$	IL1	IL2	$\sigma$	IL1	IL2	$\sigma$
DC1	1,00	3,90	0,30	0,90	3,50	0,67	0,80	3,60	0,80	0,90	3,70	0,64
DC2	0,80	3,60	1,20	0,70	2,90	1,14	1,00	3,80	0,40	0,40	2,70	1,00
DC3	0,40	2,70	1,27	0,60	3,20	0,98	0,50	2,70	1,27	0,60	3,00	1,00
DC4	0,30	2,60	1,36	0,10	2,00	1,18	0,40	2,60	1,02	0,60	3,00	1,26
DC5	-0,10	1,90	1,37	-0,40	1,20	1,33	0,40	2,60	0,92	0,50	3,00	1,10

**TABLA 11.** Indicadores de Logro 1 (IL1) y 2 (IL2), con su desviación típica ( $\sigma$ ), para los grupos cooperativos.

En primer lugar se analiza el grado de éxito alcanzado en cada DC. Para hacerlo de forma más detallada, se representan los resultados del IL1 en la gráfica de la Ilustración 17 para poder apreciar el grado del progreso de los grupos en los procedimientos de la MRPI a lo largo de las cuatro situaciones problemáticas que constituyen la UD.



**ILUSTRACIÓN 17.** *Indicador de logro 1 (IL1) relacionado con el progreso en el aprendizaje de los procedimientos de cada DC a lo largo de la secuencia de situaciones problemáticas de la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas”.*

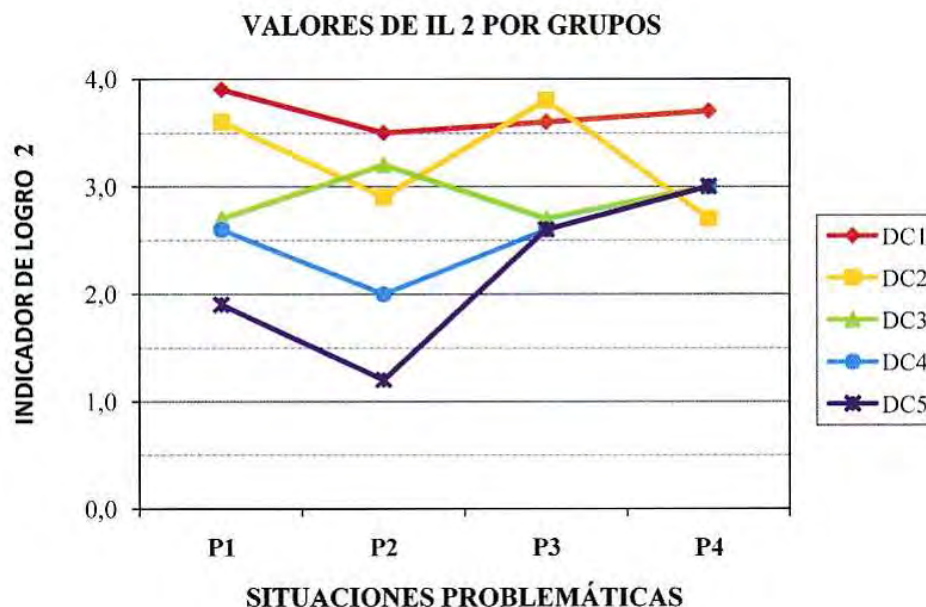
En un análisis individualizado de cada DC, contemplando el estudio de IL1 del grado de éxito alcanzado en cada una de ellas, se extraen conclusiones de interés:

- **DC1 o análisis cualitativo.** Este procedimiento es el que obtiene mejores resultados con más grupos en los niveles superiores 3 y 4 que en los inferiores. Esto significa que los alumnos han desarrollado competencias para identificar y plantear problemas relacionados con el marco teórico de la situación problemática.
- **DC2 o formulación de hipótesis.** Los valores positivos también reflejan el progreso en los grupos de estudiantes, aunque su valor es inferior en la cuarta situación problemática. Esto indica que los alumnos han desarrollado su capacidad para establecer predicciones, explicaciones o posibles soluciones sobre dichas situaciones problemáticas. Sus valores son inferiores a los de DC1 en tres de las cuatro situaciones problemáticas, lo que expresa que los grupos tienen más dificultades en DC2 que en DC1.
- **DC3 o diseño de la estrategia de resolución.** Obtiene todos sus valores positivos con una pequeña progresión creciente en el logro de estas capacidades. Los alumnos desarrollan habilidades para tomar decisiones y esbozar un plan de actuación para resolver la situación problemática en base al análisis cualitativo inicial (DC1) y a las hipótesis planteadas (DC2). No obstante, su éxito también es

inferior al obtenido en DC1 en todas las situaciones problemáticas y en DC2 en las tres primeras.

- **DC4 o resolución de la situación problemática.** Sus valores también son positivos y su progresión creciente en la secuencia de situaciones problemáticas. Esta DC obtiene peores resultados que las anteriores en las tres primeras situaciones problemáticas, terminando con un nivel de éxito similar al conseguido en DC3 en la cuarta situación problemática. Los alumnos desarrollan habilidades para seguir el plan trazado en DC3 por medio de la investigación, la observación y la experimentación si es posible, para extraer resultados.
- **DC5 o análisis de los resultados.** Al fijar la atención en la gráfica de IL1 se observan valores negativos del indicador en las dos primeras situaciones que ponen de manifiesto las dificultades que tienen los alumnos, incluso tras toda la fase previa de entrenamiento, para examinar los resultados de la investigación realizada en DC4, así como interpretarlos, extraer conclusiones de ellos y ser capaces de argumentar y comunicar dichas conclusiones basándose en los resultados y las pruebas. Sin embargo, se aprecia un mayor grado de éxito sustancial en la tercera y la cuarta situación problemática terminando en un valor similar al alcanzado en DC3 y DC4, es decir, terminan más grupos en los niveles superiores 3 y 4 que en los inferiores.

Seguidamente, para facilitar la interpretación de la evolución del desempeño de los grupos cooperativos en la resolución de las situaciones problemáticas a lo largo de la UD, se utilizan los resultados del IL2 representados en la Ilustración 18.



**ILUSTRACIÓN 18.** Indicador de logro 2 (IL2) relacionado con el nivel medio alcanzado en el aprendizaje de los procedimientos de cada DC a lo largo de la secuencia de situaciones problemáticas de la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas”.

Del estudio de IL2 sobre el nivel medio alcanzado en las DC, se extraen reflexiones y conclusiones de interés para un análisis individualizado de cada DC:

- **DC1 o análisis cualitativo.** En las cuatro situaciones problemáticas alcanzan niveles medios de resolución iguales o mayores a 3,5 en IL2, lo que contribuye a la afirmación del desarrollo de esta DC por los alumnos. La evolución que experimenta la DC1 entre la primera y la última situación problemática se podría considerar lineal, atribuyéndose estos altos niveles de resolución al adecuado entrenamiento previo en la MRPI. La ligera bajada entre la primera y la segunda situación problemática no se puede interpretar como una pérdida de competencias, sino como consecuencia de la variación del marco teórico o de las características y la propia naturaleza de esta situación problemática. Por tanto, según los resultados de esta investigación, se puede considerar que la mayoría de los grupos dominan las competencias relacionadas con el “análisis cualitativo de la situación problemática” por medio del trabajo con la MRPI. Estos resultados se suman a los ya obtenidos en otras investigaciones (Varela, 1994; Ibáñez, 2003; Martínez Aznar & Ibáñez, 2005; Pavón & Martínez Aznar, 2014; Bárcena, 2015).
- **DC2 o formulación de hipótesis.** Todos sus valores medios de resolución en IL2 oscilan en torno al valor 3, lo que apoya la afirmación del desarrollo de esta DC en los grupos de alumnos. Sus niveles de resolución se mueven en paralelo con la DC1 en la primera y la segunda situación problemática, pero en la tercera y la cuarta sufre variaciones. La DC2 va íntimamente asociada con la DC1 (Reyes, 1991) al estar condicionada por el marco teórico de la situación problemática. No obstante, en un contexto biológico sí es posible que la DC2 sea superior a la DC1 como sucede en la situación problemática 3 debido a que son contextos más próximos al conocimiento de los estudiantes y no necesitan dominar completamente el marco teórico para poder plantear sus hipótesis (Ibáñez, 2003; Martínez Aznar & Ibáñez, 2005). Finalmente, la situación problemática 4 es la que obtiene un valor medio superior al 2,5 pero inferior al resto de DC. Algo similar le sucede a los estudiantes de bachillerato al resolver situaciones problemáticas de Química que obtienen resultados finales inferiores en la DC2 (Bárcena, 2015). Esto puede deberse a la propia naturaleza de esta situación problemática que dificulte al alumnado el establecimiento de predicciones, pues los valores de las tres situaciones problemáticas anteriores no indican que no estén desarrollando esta DC. A la luz de este análisis se puede afirmar que las competencias de los alumnos sobre la “formulación de hipótesis” se han visto beneficiadas por el trabajo en el aula con la MRPI.
- **DC3 o diseño de la estrategia de resolución.** Sus niveles de valoración media también oscila en torno al valor 3 que permite reconocer que los grupos de alumnos han desarrollado esta DC de forma aceptable. Estos resultados son diferentes a los obtenidos en otras investigaciones (Ibáñez, 2003; Martínez Aznar & Ibáñez, 2005), para situaciones problemáticas de Genética, en los que la DC3 era una de las que obtenía valores medios finales superiores al resto de DC. Como síntesis se puede afirmar que la MRPI potencia que los alumnos desarrollen de forma adecuada sus competencias relacionadas con el “diseño de la estrategia de resolución de una situación problemática”.

- **DC4 o resolución de la situación problemática.** La observación de la gráfica de IL2 permite ver que la evolución del valor medio de la DC4 va en paralelo con la DC3 en tres de las situaciones problemáticas con valores ligeramente inferiores, con excepción de la segunda situación problemática en la que su valor es bastante inferior a la DC3. La causa debe estar en la tipología de dicha situación problemática en la que los alumnos no sabían cómo resolver en formato de lápiz y papel experimentos que podrían haberse llevado a la práctica si se hubiese dispuesto de material y tiempo. No obstante, la evolución final es ascendente hasta valores medios de 3, lo que demuestra que esta DC se ve beneficiada por el trabajo con la MRPI. Estos resultados permiten concluir que las competencias de los alumnos referidas a la “resolución de la situación problemática” también se ven reforzadas con esta metodología. Los resultados inicialmente bajos respecto a la mayoría de DC coinciden con los obtenidos para contenidos de Física y Química por otros autores (Varela, 1994; Bárcena, 2015), aunque en esta ocasión acaban en valores altos y similares a la DC3 y la DC5. Sin embargo, si se compara con experiencias en el contexto de la Biología, los resultados no coincide con los recogidos por otros investigadores (Ibáñez, 2003; Martínez Aznar & Ibáñez, 2005) donde la DC4 era resuelta mejor que la DC3 por los alumnos, es decir, realizaban mejor la resolución del problema que la explicación de cómo iban a resolverlo.
- **DC5 o análisis de los resultados.** En la gráfica de IL2 se ve su evolución desde valores medios entre el 1 y el 2 hasta valores finales de 3 similares a los de la DC3 y la DC4. Esto demuestra que los grupos de alumnos van adquiriendo esta competencia a lo largo de la secuencia de situaciones problemáticas y que es ésta la que experimenta una mayor mejoría con el proceso de enseñanza-aprendizaje de la MRPI. Estos resultados difieren de los obtenidos en otras investigaciones (Varela, 1994; Ibáñez, 2003; Martínez Aznar & Ibáñez, 2005) en las que es DC5 la que obtiene los resultados más bajos de las cinco DC, incluso a Bárcena (2015) en una de sus fases de investigación le sucede lo mismo. La conclusión que se extrae de este análisis es que los alumnos desarrollan las competencias que tienen que ver con el “análisis de los resultados” debido a la implementación de la MRPI para la resolución de las situaciones problemáticas.

Para completar este análisis, se presentan cinco ejemplos de resolución, uno por cada DC, realizados por cuatro de los grupos cooperativos de estudiantes de las distintas situaciones problemáticas estudiadas:

Ejemplo de la DC1: *(GEXP-Grupo3-SP2-DC1) Analizo el problema. Queremos meter en un pequeño espacio, diseñado por nosotros, animales que sean capaces de sobrevivir juntos para poder observar diferentes individuos que tengan diferentes características y que procedan de diferentes especies. Nos enfrentamos a un problema en el que tenemos que tener en cuenta que cada animal comparte diferentes ecosistemas y hábitats naturales. Tenemos que tener en cuenta que ciertas especies de animales no pueden vivir juntas. También es muy importante cuánto tarda en reproducirse cada animal.*



*No olvidemos, por supuesto, la cadena alimenticia ya que podrían desaparecer ciertos animales.*

*¿Cómo podríamos crear un pequeño espacio natural para observar a diferentes especies de animales con diferentes características, sin darles de comer y, sobreviviendo?*

*Hay cosas muy importantes como por ejemplo:*

*- todos los seres vivos pertenecen a alguna especie.*

*- dos individuos son de la misma especie cuando pueden reproducirse entre sí y tener descendencia fértil.*

*Ejemplo de la DC2: (GEXP-Grupo8-SP3-DC2) Pienso y formulo mi hipótesis. Mi hipótesis es que al desaparecer el cuco, la procesionaria aumentaría y disminuiría el número de pinos por haber más procesionarias. A las procesionarias no se las pueden comer. Por lo tanto, el pino disminuiría.*

*Ejemplo de la DC3: (GEXP-Grupo9-SP4-DC3) Pienso y diseño mi experimento. Un posible experimento de cálculo podría servir para averiguarlo:*

- 1. Sabiendo lo que se produce de carbono en un m<sup>2</sup>/año.*
- 2. Cada gramo de carbono que hay en un metro cuadrado por año es igual a 2,4 g de biomasa en el lugar determinado al año.*
- 3. Sabiendo el porcentaje final de herbívoros (al haber sólo vacas) se calcula ese porcentaje en la biomasa.*
- 4. Lo que no se gasta en respiración ni excreción son los gramos de vaca.*
- 5. Se pasa a kilos y se divide entre los kg/vaca y obtendrás el n° de vacas en tu prado.*

*Ejemplo de la DC4: (GEXP-Grupo10-SP4-DC4) Realizo el experimento para resolver el problema. Las cuentas u operaciones que nos dan el resultado del problema son las siguientes:*

- 1g de C/m<sup>2</sup>·año = 2,4 g de biomasa al año*
- 200 g de carbono*
- 2,4 g de biomasa al año*
- 1 km<sup>2</sup> = 1.000.000 m de prado*
- 1 año de tiempo*
- 600 kg pesa cada vaca*

*200 x 2,4 = 480 g de biomasa al año en 1m<sup>2</sup>*

*480 x 1.000.000 de prado = 480.000.000 g de biomasa que hay en el prado en todo el año.*

*El 35% de la biomasa del prado lo forman los herbívoros (vacas en nuestro caso).*

*62% de excreción + 33% de respiración = 95% entre excreción y respiración de biomasa que hay que quitarle al 100% de biomasa de vacas.*

*100% de biomasa de vacas – 95% de biomasa entre excreción y respiración = 5% que es la cantidad de vacas que puede mantener un prado.*

*5% de 168.000.000 = 8.400.000 g de vacas que mantiene el prado.*

*8.400.000 g = 8400 kg*

*8.400 kg / 600 kg que pesa una vaca = 14 vacas mantiene el prado.*

*La explicación de las cuentas u operaciones que nos han permitido el resultado del problema es el siguiente:*

- 1. Los 200 g de carbono del prado se multiplican por los 2,4 g de biomasa del prado al año, dándonos 480 g de biomasa del prado al año.*
- 2. Esos 480 g de biomasa del prado al año lo multiplicamos por un millón de metros que tiene el prado.*
- 3. Se halla el 35% de esa multiplicación que nos da 480.000.000 g de biomasa del prado al año, dándonos 168.000.000 g de biomasa de vacas.*
- 4. Los 62% de excreción de las vacas se suman al 33% de respiración, dándonos el 95% entre excreción y respiración de biomasa que hay que quitarle al 100% de biomasa de vacas.*
- 5. El 100% de biomasa de vacas – 95% de biomasa entre excreción y respiración = 5% cantidad de vacas que mantiene nuestro prado.*
- 6. El 5% de cantidad de vacas que puede mantener el prado de los 168.000.000 g de biomasa de vacas = 8.400.000 g de vacas en cantidad que mantiene el prado.*
- 7. Los 8.400.000 g se pasan a kg, dándonos 8.400 kg de cantidad de vacas que mantiene el prado.*
- 8. Por último, los 8.400 kg de cantidad de vacas que mantiene el prado, se dividen entre los 600 kg que pesa cada vaca y nos da que 14 vacas pueden mantener el prado como resultado del problema.*

*Ejemplo de la DC5: (GEXP-Grupo9-SP1-DC5) Analizo los resultados. En definitiva, nosotros creemos que el Águila Imperial Ibérica podría cambiar de ecosistema, pero siempre y cuando tenga unas características muy parecidas al del bosque mediterráneo y que no esté ocupada por otra especie que ocupa el mismo nicho ecológico y, también, que tengan su respectiva comida. Si queremos trasladarlo a otro sitio, pero con el mismo ecosistema, podríamos llevarlo a California, Australia occidental y Sudáfrica en la zona del Cabo de Buena esperanza. Además de en el bosque caducifolio puede habitar en marismas, pero, ya dicho antes, costaría porque hay diferencias. Para esto emplearíamos el experimento.*

A continuación, se realiza la valoración de la evolución global del conjunto de las DC contemplando ambos estudios del IL1 y del IL2:

- El análisis de los resultados del IL1 permite ver que, exceptuando la DC5 en las dos primeras situaciones problemáticas cuyo signo es negativo, en el resto de casos siempre hay más grupos de estudiantes entre los niveles de resolución 3 y 4 que en los inferiores (valores positivos del IL1). Esto se interpreta como un progreso de los grupos cooperativos en el desarrollo de las capacidades o DC de la MRPI. Además, al final del proceso de enseñanza-aprendizaje en la situación problemática 4, se obtienen grados de éxito altos en todas las DC. Esto permite concluir que una mayor práctica en la MRPI favorece el aprendizaje de sus procedimientos, es decir, el aprendizaje de las diferentes dimensiones competenciales. Estos resultados son acordes con los obtenidos en el equipo de investigación en Física (Varela, 1994), Genética (Ibáñez, 2003), Física y Química

(Rodríguez Arteche, Martínez Aznar & Garitagoitia Cid, en prensa; Pavón & Martínez Aznar, 2014) y Química (Bárcena, 2015).

- De forma global se observan cambios a medida que se avanza en las situaciones problemáticas y la tendencia general es creciente. Se evidencia una evolución hacia niveles medios más altos de resolución a lo largo de las cuatro situaciones problemáticas en las diferentes DC, lo que apoyaría el argumento de la mejora mediante la práctica de la MRPI realizado con los alumnos.
- Sin embargo, se observa que en la situación problemática 2 los resultados son más bajos que el resto y afectan a la evolución de crecimiento constante. Esta situación problemática es la que ha presentado más dificultades para los estudiantes. No obstante, trata contenidos relacionados con la cría de especies y, a priori, no se intuía que fuese a presentar dificultades en los alumnos debido a lo habitual que suele ser tener especies domésticas en sus hogares. La causa podría estar en la propia naturaleza de la situación problemática, cómo ha sido formulada o cómo ha sido abordada por los alumnos. La dificultad de una situación problemática suele venir condicionada por su complejidad y estructuración (Jonassen & Hung, 2008). Existen publicaciones centradas en resolución de problemas que muestran que los individuos tienen dificultades iniciales en la transferencia de conocimientos de una tarea a otra, incluso cuando el conocimiento es perfectamente pertinente para los alumnos que comprenden ambas tareas (Martínez Aznar & Ibáñez, 2004; En Hemlo-Silver, 2004; Gick & Holyoak, 1980, 1983; Novick & Holyoak, 1991; Williams, Bransford, Vye, Goldman & Carlson, 1993). Otra causa bastante probable de los valores inferiores de esta segunda situación problemática respecto a la primera es que los valores de la primera vendrían condicionados positivamente por el conocimiento del marco teórico común a la situación de entrenamiento sobre el Águila Imperial Ibérica.
- También se puede contemplar que en la situación problemática 1 se parte de valores medios altos, por encima de 2,5 (en la escala entre 0 y 4), en todas las DC excepto en la DC5. Además, esta alta valoración se mantiene en todas las situaciones problemáticas, excepto en la DC4 de la situación problemática 2 que baja al valor 2 de media. Se puede verificar, en general, el efectivo entrenamiento en la MRPI realizado con los alumnos y un elevado nivel de aprendizaje en todas las DC a lo largo de la secuencia de situaciones problemáticas.
- A lo largo de la UD, las pequeñas variaciones descendentes en las DC, que ya parten de valores altos en su nivel de resolución como en la DC1, DC2 y DC3, se podrían atribuir a un mayor grado de dificultad de la situación problemática, del marco teórico para afrontarla y no con un retroceso en la comprensión y aprendizaje de los procedimientos.

Tras el análisis de las cinco DC y su evolución en la UD se podría afirmar que todas han sido trabajadas de forma satisfactoria por los alumnos de 2º de ESO, alcanzando niveles medios de resolución altos, favoreciendo los argumentos para dar respuesta al reto presentado. Semejantes resultados obtienen otros investigadores (Huffman, Lawemz, & Minger, 1997; Ibáñez, 2003, Martínez Aznar & Ibáñez, 2005; Bárcena,

2015). Como curiosidad, para conocer la realidad de los datos y reflexiones aquí extraídas, en el Anexo IV se muestra un ejemplo de resolución de cada situación problemática realizada por los grupos cooperativos del GEXP.

Por tanto, tras todo el análisis descriptivo realizado, como respuesta a este segundo interrogante relacionado con el aprendizaje de procedimientos de la competencia científica en el GEXP a través de la MRPI por medio de la resolución de situaciones problemáticas se puede concluir que:

**Los alumnos de 2º de ESO del GEXP sí aprenden los procedimientos de la competencia científica por medio de la MRPI como proceso de enseñanza-aprendizaje resolviendo situaciones problemáticas. Además, evolucionan en su aprendizaje alcanzando niveles de resolución altos en todas sus dimensiones competenciales.**

#### **4.3. Tercer interrogante sobre la resolución de problemas habituales en ecología en los GEXP y GCON**

Este nuevo interrogante hace referencia a la comparación en el aprendizaje de los procedimientos de resolución de un problema habitual de ecología entre el GEXP y el GCON. Se formula de la siguiente manera: **“¿Habrán diferencias en la resolución de los problemas habituales de ecología a nivel de 2º ESO entre el GEXP y el GCON que han seguido metodologías diferentes?”**

Para dar respuesta a esta pregunta se contrasta la hipótesis ( $H_1$ ) que tiene el enunciado:

<b>Hipótesis 1 (<math>H_1</math>)</b>
<b>“Existen diferencias estadísticamente significativas en la resolución de problemas habituales de ecología a favor del GEXP que ha trabajado con la MRPI respecto al GCON que lo ha hecho con una metodología tradicional”</b>

La contrastación de esta hipótesis se realiza por medio de la comprobación de la existencia de diferencias estadísticamente significativas a favor del GEXP frente al GCON en la resolución del problema habitual de ecología, la pregunta 3 de la P.F.1 (examen de los alumnos), cuyo enunciado se recoge en la Ilustración 19.

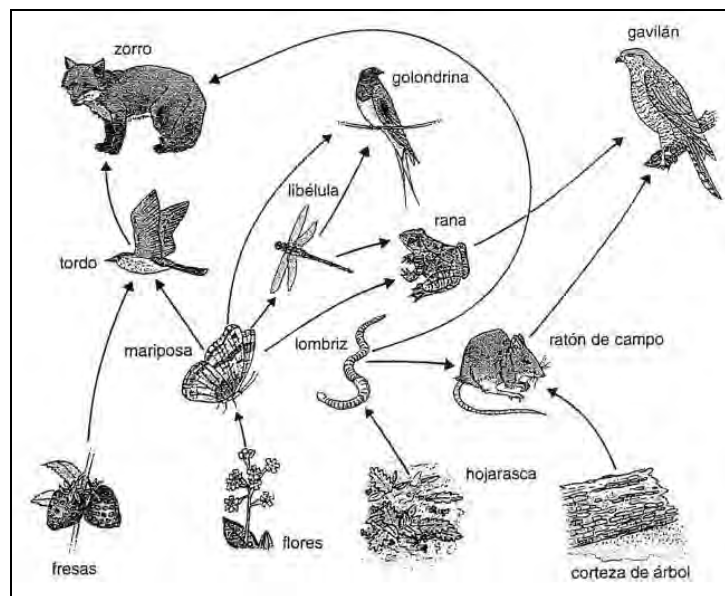
El adecuado aprendizaje de los alumnos sobre los procedimientos y el conocimiento de una “red trófica” ha sido evaluado a través de las respuestas que han realizado en este problema (Anexo V), intentando reconocer los diferentes aspectos relacionados con la adecuada comprensión de este concepto y de la resolución del problema. Para ello se ha comprobado:

- Si los alumnos emplean los conceptos de “red trófica” y/o “cadenas tróficas, alimentarias o alimenticias” en sus argumentaciones.

- Si se intuye que hablan en términos de “poblaciones” en lugar de “individuos”.
- Si comprenden el significado de dichas relaciones tróficas para el nivel educativo de 2º ESO, en términos de “qué especie se come a otra” o “qué especie es comida por otra”, recordando que esta simplificación es un paso intermedio hacia la adecuada comprensión en cursos superiores de las cadenas tróficas como un flujo de energía entre un nivel y el siguiente (Jiménez Aleixandre & Bravo, 2014).
- Si analizan el problema con lógica proponiendo posibles causas (hipótesis) de la desaparición de las libélulas.
- Si aportan algún tipo de acción a realizar para tratar de averiguar la causa de la desaparición de las libélulas, aunque haya acciones que sean difíciles de realizar.

### **P.F.1 - Pregunta 3**

**Problema: En el Bosque mediterráneo se reconocen estas relaciones alimenticias entre seres vivos, pero últimamente han desaparecido las libélulas.  
¿Cuál puede ser la causa y cómo lo investigarías?**



**ILUSTRACIÓN 19.** Problema habitual de ecología de la P.F.1.

El análisis estadístico que se realiza es el Test de la U de Mann-Whitney. La hipótesis nula a contrastar es que “no existen diferencias significativas entre las puntuaciones obtenidas por ambos grupos” frente a la hipótesis alternativa de que sí existen diferencias significativas en ambos grupos a favor del grupo experimental. Los resultados se presentan en la Tabla 12.

Apartado 3a. ¿Hablan en términos de los conceptos “cadenas tróficas” o “red trófica”? ¿Comprenden los conceptos?	GEXP 28 alumnos		GCON 58 alumnos		U de Mann-Whitney
	Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>Hablan de red o cadenas tróficas o alimentarias y, en sus argumentaciones, se observa que comprenden correctamente lo que significan. Establecen relaciones correctas entre los diferentes componentes de la red trófica respecto al aumento o disminución de sus poblaciones como consecuencia de la desaparición de las libélulas.</b>	23	82,1	29	50,0	<b>530,500</b> (p=0,003)
R (Regular). En sus argumentaciones se observa una comprensión incompleta de estos conceptos.	4	14,3	15	25,9	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no haber comprendido los conceptos.	1	3,6	14	24,1	
Apartado 3b. ¿Analizan el problema con lógica y proponen posibles causas y acciones adecuadas de investigación para su resolución?	GEXP		GCON		U de Mann-Whitney
	Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>Analizan el problema con lógica y proponen posibles causas y acciones adecuadas de investigación para su resolución.</b>	20	71,4	23	39,7	<b>489,000</b> (p=0,001)
R (Regular). En sus argumentaciones se observa un análisis reducido y un tratamiento incompleto del problema. Proponen alguna causa, pero no cómo lo investigarían, o viceversa.	6	21,4	10	17,2	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no saber cómo afrontar el problema para aportar posibles causas y tratar de investigarla.	2	7,1	25	43,1	

**TABLA 12.** Resultados comparativos de la resolución de un problema habitual en ecología entre el GEXP y el GCON. En negrita se indican las respuestas correctas y los valores estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ).

La evaluación más precisa de este problema habitual de ecología ha requerido la subdivisión de su resolución en dos apartados, así se permite una recogida de datos e información más precisa de los conocimientos procedimentales que refleja la resolución que hacen los alumnos de este problema. La información que se analiza en cada uno de estos apartados se aclara en dicha tabla. En ella se pueden comprobar las diferencias significativas a favor del GEXP frente al GCON respecto a las respuestas que los alumnos emplean en ambos apartados de la pregunta analizada y, por tanto, en la resolución que hacen de este problema habitual sobre una red trófica en ecología.

Para ver el tipo de respuestas que aportan los alumnos, a continuación se exponen cuatro ejemplos de resolución correcta en diferente grado. Los dos primeros de una resolución que se ha considerado elevada, uno del GEXP y otro del GCON, y los otros dos (ejemplos 3 y 4, uno de cada grupo) de resoluciones valoradas como aceptables:

- Ejemplo 1 (GEXP-A28-P.F.1-P3) *La libélula es comida por la golondrina y por la rana y (esta) se come a la mariposa. La causa de desaparición de libélulas puede ser que haya poca cantidad de mariposas y entonces no tengan qué comer y por eso mueran unas pocas. U otra causa puede ser que haya bastante cantidad de ranas y golondrinas que, al ser muchas, necesitan muchas libélulas para sobrevivir y entonces disminuya su cantidad. La forma de investigarlo sería retirar de la red trófica a las golondrinas y a las ranas y entonces veríamos si la causa de disminución de libélulas es por culpa de la poca cantidad de mariposas. Si vemos que no mueren libélulas porque haya poca cantidad de mariposas, será que lo que influye en la muerte de las libélulas es que hay mucha cantidad de golondrinas y ranas. Entonces lo que*

*haríamos sería ver si lo que produce muertes de libélulas es la gran cantidad de golondrinas y ranas.*

*Esto sería el experimento que se resolvería, viendo cuál es el motivo de muerte de libélulas. (Puntos 3 y 4 de la plantilla)*

*También he dicho al principio del ejercicio una serie (de ideas) del análisis del problema. (Punto 1 de la plantilla)*

*Mis hipótesis son que la muerte de las libélulas la provocan las golondrinas y las ranas porque son muchas las cantidades que hay de ellas al ser dos especies distintas. (Punto 2 de la plantilla)*

*Conclusión: La muerte de libélulas la producen las golondrinas y las ranas tal y como ya he dicho en mis hipótesis.*

- *Ejemplo 2 (GCON-A46-P.F.1-P3) Una de las causas puede ser que el número de mariposas haya disminuido y las libélulas no tengan con qué alimentarse. Mi forma de investigarlo sería ir a preguntar a un centro de medio ambiente el número de mariposas /m<sup>2</sup> hace unos años y el de ahora. Así podría apreciar si mi teoría es válida.*

*Otra de las causas puede ser que el número de gavilanes haya disminuido, con lo cual, el número de ranas haya aumentado. La forma de investigarlo sería igual que la anterior.*

*También puede ser el caso de que el número de golondrinas haya aumentado y así, para alimentarse, han debido de comer libélulas. En este caso la forma de investigar sería la misma, puesto que me parece la más eficaz.*

- *Ejemplo 3: (GEXP-A04-P.F.1-P3) Análizo el problema. En este problema tenemos que saber que la especie de la libélula ha desaparecido totalmente por causas que no sabemos. Sabemos que a la libélula se la comían las golondrinas y las ranas.*

*Propongo mis hipótesis. Creo que puede haber desaparecido porque haya crecido el número de ranas o de golondrinas, y entonces hayan sido comidas todas. O por una enfermedad, en un río, que las haya matado a todas.*

*El experimento. En el lugar donde ha sucedido, lo vallo y lo controlo, con lo que podemos controlar a otras libélulas que he traído y las he insertado dentro. Al cabo de un mes volveré y observaré las que han muerto, si queda alguna y el motivo.*

*Analizo todos los datos obtenidos. En este caso, los datos del resultado del experimento no los sabemos ya que nos sería imposible realizarlo, pero yo creo que la razón más coherente sería que hubieran aumentado los pájaros o ranas, ya que creo que la otra hipótesis sería extrema.*

- *Ejemplo 4: (GCON-A58-P.F.1-P3) Puede que hayan nacido más golondrinas y más ranas y la reproducción de las libélulas haya disminuido. Yo lo descubriría mirando la media (de cantidad de individuos o población) que tienen las golondrinas, las ranas y las libélulas del año pasado. Y así yo descubriría una de las posibles causas, porque también puede ser que haya habido una epidemia de enfermedad que solo y exclusivamente afecta a las libélulas. Mi investigación sería coger restos de una libélula muerta y llevarla a un laboratorio y que me lo*

*investiguen. Y no se me ocurren más ideas porque creo que nunca se ha dado el caso.*

Tras el análisis pormenorizado de todas las respuestas de ambas muestras es bastante habitual que los alumnos que interpretan correctamente las relaciones tróficas entre las poblaciones representadas en la red trófica, el 80% del GEXP frente al 50% del GCON, olviden utilizar los conceptos clave de “cadenas tróficas” o “red trófica”. No obstante, su adecuada interpretación indica un aprendizaje significativo de estos conceptos y hace pertinente la valoración positiva del problema.

Una mayor proporción del GEXP (71,4%) frente al 39,7% del GCON analiza el problema con lógica y proponen posibles causas y acciones de investigación para su resolución. También se observa, en general, que los alumnos del GEXP realizan un mayor desarrollo en sus respuestas para argumentar las causas y acciones que proponen.

También es necesario destacar que el 64,3% de los alumnos del GEXP, como se muestra en los ejemplos, hacen referencia expresa a las fases o dimensiones competenciales de la resolución de un problema debido, por supuesto, a su aprendizaje a través de la MRPI y de las fases que se emplean para la resolución de las diferentes situaciones problemáticas.

Por tanto, como contrastación de esta Hipótesis 2 ( $H_2$ ) relacionada con la comparación entre el aprendizaje de procedimientos de ambos grupos en base a los resultados obtenidos en el análisis cuantitativo y, tras realizar el análisis cualitativo, se puede concluir que:

**Los resultados estadísticamente significativos indican que se produce un cambio procedimental, a favor del GEXP que ha trabajado con la MRPI frente al GCON que ha trabajado con una metodología tradicional, en relación a capacidades de resolución de problemas habituales de ecología como los de interpretación de una red trófica y sus cadenas tróficas constituyentes.**

#### **4.4. Cuarto interrogante sobre el cambio conceptual de los GEXP y GCON**

Otra de las preguntas que surge en esta investigación es la relacionada con el cambio conceptual, es decir, con el aprendizaje de conceptos de los alumnos de los GEXP y GCON: **“¿Se producirá un cambio conceptual sobre los conocimientos de ecología a favor del GEXP que ha trabajado con la MRPI frente al GCON que ha trabajado con una metodología más tradicional?”**

Esta cuestión se resuelve mediante la siguiente hipótesis:



<b>Hipótesis 2 (H<sub>2</sub>)</b>
“Al final del proceso de enseñanza-aprendizaje se producirá un cambio conceptual estadísticamente significativo, en relación a los conocimientos sobre ecología, a favor del GEXP que ha trabajado con la MRPI respecto al GCON que ha trabajado con una metodología tradicional”

Esta hipótesis es muy amplia y conviene subdividirla en 3 subhipótesis que son contrastadas por separado.

#### **4.4.1. Contratación de la subhipótesis 2.1 sobre el cambio conceptual del GEXP en conceptos de ecología**

La primera subhipótesis (H<sub>2.1</sub>) se refiere al aprendizaje de los conceptos de ecología en el GEXP tras el trabajo con la metodología de resolución de problemas como investigación (MRPI). Su enunciado es el siguiente:

<b>Hipótesis 2.1 (H<sub>2.1</sub>)</b>
“Los estudiantes del GEXP experimentarán un cambio conceptual estadísticamente significativo en relación a los conocimientos sobre ecología como consecuencia del trabajo continuado con la MRPI”

Para su contrastación, para investigar la evolución de los alumnos en su aprendizaje de conceptos, se utilizan la P.I. y la P.F.1 y se comparan antes y después del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los dos cuestionarios son diferentes, pero abordan contenidos semejantes como se vio en el Capítulo 2 en su Apartado 2.7.2, lo que permite emparejar las preguntas y sus opciones de respuesta según los conceptos a estudiar.

Las respuestas de los alumnos, una vez asignados sus niveles de resolución (Anexo V), son analizadas estadísticamente con el test de rangos señalados y pares igualados de Wilcoxon. La hipótesis nula es que “no existen diferencias significativas entre las puntuaciones de la P.I. y la P.F.1” frente a la hipótesis alternativa de que existen dichas diferencias.

Este estadístico no indica si las diferencias significativas son mejores o peores respecto al aprendizaje por lo que se debe estudiar el número de alumnos que mejoran, empeoran o se mantienen igual en su nivel de conocimientos al finalizar la UD:

- Positivo (a): El valor de Wilcoxon con superíndice “a” indica que las diferencias significativas son a favor del cambio conceptual porque mejora el aprendizaje en más alumnos. Las puntuaciones finales son superiores a las iniciales.
- Negativo (b): El valor de Wilcoxon con superíndice “b” indica que las diferencias significativas son en contra del cambio conceptual porque empeora el aprendizaje en más alumnos. Las puntuaciones iniciales son superiores a las finales.

- Empate: El valor de Wilcoxon sin superíndice no indica diferencias significativas y los alumnos se mantienen igual en su aprendizaje. Hay empate entre las puntuaciones iniciales y finales.

A continuación, se muestran las dos preguntas relacionadas entre ambos cuestionarios con los conceptos investigados y los valores estadísticos que obtiene el GEXP. Los conceptos que se estudian son los de “ecosistema” y “cadenas tróficas”. Primero se presenta la Tabla 13 relacionada con el cambio conceptual del concepto “ecosistema”.

Concepto de Ecosistema		GEXP – 28 alumnos				Wilcoxon
P.I. - Pregunta 5.	P.F.1 - Pregunta 1.	P.I.		P.F.1		
El Ecosistema es:	¿Qué relación existe entre Biotopo, Biocenosis y Ecosistema?	Nº	%	Nº	%	
2. El conjunto de seres vivos y elementos no vivos que hay en un lugar.	V (Verdadero). El ecosistema es el conjunto formado por la biocenosis (los seres vivos), el biotopo (el medio físico en el que se encuentran) y todas las interrelaciones entre los seres vivos y entre éstos y el medio físico.	14	50,0	22	78,6	<b>-1,886<sup>a</sup></b> (p=0,049)
	R (Regular). Lo definen de forma incompleta.	0	0,0	0	0,0	
1. El lugar donde habitan los seres vivos.	F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no saber lo que son los ecosistemas.	10	35,7	6	21,4	
3. El conjunto de seres vivos que hay en un lugar.		2	7,1			
4. El conjunto de elementos no vivos que hay en un lugar.		2	7,1			

**TABLA 13.** Resultados del cambio conceptual del GEXP en el concepto de ecosistema.

En negrita se indican las respuestas correctas y los valores estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ), donde <sup>a</sup> implica mejora de los resultados de aprendizaje.

Como se observa, se acepta la hipótesis alternativa de que sí existen diferencias significativas entre la P.I. y la P.F.1. El sentido del cambio en el aprendizaje de los conceptos es a favor en un 46,4% de los alumnos.

Esta pregunta analiza el importante concepto de “ecosistema” y otros asociados a él como los de “biotopo” y “biocenosis”, de hecho la adecuada comprensión de estos conceptos son uno de los principales objetivos de la UD de ecología. El 50% de los alumnos del GEXP ya marcaba la respuesta correcta en la P.I., antes del proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que demostraba que estos conceptos han sido tratados en cursos precedentes, aunque quizás no aprendidos significativamente por los estudiantes. Mientras que al finalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje con la MRPI, ahora es el 78,6% de los alumnos los que redactan de forma correcta la respuesta a esta pregunta en la P.F.1, lo que manifiesta una mejora en el aprendizaje de los estudiantes. Un buen ejemplo de respuesta sería:

*“La relación que existe entre el biotopo, la biocenosis y el ecosistema es que un ecosistema es la relación entre el biotopo y la biocenosis (los seres vivos y el medio físico). Un ecosistema es el medio físico, los seres vivos existentes en él y su relación entre ellos. Los ecosistemas no tienen límites definidos. El mayor ecosistema es la*

*ecosfera, cuya biocenosis es la biosfera. El biotopo es el medio físico de un ecosistema. La biocenosis son los seres vivos de un ecosistema.” (GEXP-A27-P.F.1-P1)*

A continuación, se muestra la Tabla 14 relacionada con la comprensión y el cambio conceptual sobre las “cadenas tróficas”.

Concepto y comprensión de Cadenas tróficas		GEXP				Wilcoxon
P.I. - Pregunta 6.	P.F.1 - Pregunta 3a.	P.I.		P.F.1		
Observa la secuencia de alimentación entre especies y explica ¿Qué sucedería a los pinos, procesionarias y halcones si una enfermedad afecta a los cucos haciéndolos desaparecer?	Problema de la red trófica en la que desaparecen las libélulas (se adjunta imagen). ¿Hablan en términos de los conceptos “cadenas tróficas” o “red trófica”? ¿Comprenden los conceptos?	Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>Aumentan las procesionarias, disminuyen los pinos y disminuyen los halcones.</b>	V (Verdadero). <b>Hablan de red o cadenas tróficas o alimentarias y, en sus argumentaciones, se observa que comprenden correctamente lo que significan. Establecen relaciones correctas entre los diferentes componentes de la red trófica respecto al aumento o disminución de sus poblaciones como consecuencia de la desaparición de las libélulas.</b>	13	46,4	23	82,1	<b>-3,152<sup>a</sup></b> (p=0,002)
R (Regular). En sus argumentaciones se observa una comprensión incompleta de estos conceptos.	R (Regular). En sus argumentaciones se observa una comprensión incompleta de estos conceptos.	0	0,0	4	14,3	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican que no comprenden el concepto de cadenas tróficas.	F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no haber comprendido los conceptos.	15	53,6	1	3,6	

**TABLA 14.** Resultados del cambio conceptual del GEXP en el concepto y comprensión de las cadenas tróficas. En negrita se indican las respuestas correctas y los valores estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ), donde <sup>a</sup> implica mejora de los resultados de aprendizaje.

Esta pregunta analiza el importante concepto de “cadenas tróficas” y otros asociados como los de “red trófica” y “niveles tróficos”, cuya adecuada comprensión también es objetivo de la UD de ecología. En el contraste estadístico de los resultados en esta pregunta se acepta la hipótesis alternativa de que sí existen diferencias significativas entre la P.I. y la P.F.1 y, si se atiende a los rangos, se observa que el sentido del cambio en el aprendizaje de los conceptos es a favor, concretamente, en un 53,6% de los alumnos.

El 46,4% de los alumnos del GEXP ya respondía correctamente en la P.I., antes del proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que demostraba que también estos conceptos han sido tratados en cursos precedentes aunque tampoco habían sido aprendidos adecuadamente por todos los estudiantes. Al finalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje con la MRPI, el 82,1% de los alumnos redactan de forma correcta la respuesta a esta cuestión en la P.F.1, lo que manifiesta una mejora en el aprendizaje de los estudiantes. Algunos ejemplos de respuestas correctas se han mostrado ya en el

análisis de la Hipótesis 1 pues estos conceptos formaban parte de la resolución del problema y se analizaban conjuntamente.

Por tanto, se considera contrastada esta hipótesis ( $H_{2.1}$ ) relacionada con el cambio conceptual del GEXP y se acepta la existencia de cambios favorables en el aprendizaje de estos conceptos que junto al análisis cualitativo realizado permite concluir que:

**Las diferencias estadísticamente significativas en relación a los aprendizajes de los conceptos de ecosistema y cadenas tróficas indican que los alumnos del GEXP han experimentado un cambio conceptual como resultado del trabajo realizado con la MRPI.**

#### **4.4.2. Contrastación de la subhipótesis 2.2 sobre la comparación del cambio conceptual en ecología de los GEXP y GCON**

La segunda subhipótesis ( $H_{2.2}$ ) se refiere a la comparación de los aprendizajes sobre ecología realizados por los GEXP y GCON siguiendo metodologías diferentes:

<b>Hipótesis 2.2 (<math>H_{2.2}</math>)</b>
“Existen diferencias estadísticamente significativas en el aprendizaje de los conceptos sobre ecología a favor del GEXP respecto al GCON”

Para verificar esta conjetura se comparan los datos obtenidos en las preguntas sobre los contenidos de ecología de la P.F.1 (Anexo V), que es el examen escolar diseñado por la profesora del GCON, y que han realizado ambos grupos. Dicha comparación se realiza analizando los resultados obtenidos con el estadístico del test de la U de Mann-Whitney para detectar las diferencias finales entre el GEXP y el GCON. La hipótesis nula del estadístico es que “no existen diferencias estadísticamente significativas entre el GEXP y el GCON en la P.F.1” frente a la hipótesis alternativa de que sí existen estas diferencias a favor del GEXP. Los resultados del estadístico, junto con el número de alumnos y su porcentaje, aparecen en la Tabla 15.

En ella se puede ver que todas las preguntas menos en una se acepta la hipótesis nula de que no existen diferencias significativas entre GEXP y GCON en el aprendizaje de conocimientos conceptuales de la P.F.1. Es decir, desde el punto de vista estadístico, los alumnos aprenden los conceptos analizados (“ecosistema”, “factores abióticos”, “niveles tróficos”, “flujo de energía”, “ciclo de materia” y “biomasa”) independientemente de la metodología de trabajo con que se ha implementado la UD. La única excepción es la pregunta 3a sobre las “cadenas tróficas”, que forma parte de la resolución del problema, cuyo aprendizaje de estos conceptos es significativamente mejor en el GEXP que en el GCON.

Resultados semejantes obtienen otros investigadores en sus estudios al concluir que los alumnos que trabajan con metodologías de resolución de problemas aprenden contenidos conceptuales básicos igual que los que han trabajado con el método tradicional (Newman 1993 en Strobel & van Barneveld, 2009; Wong & Day 2009).

Pregunta 1. ¿Qué relación existe entre Biotopo, Biocenosis y Ecosistema?	GEXP 28 alumnos		GCON 58 alumnos		U de Mann-Whitney
	Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>El ecosistema es el conjunto formado por la biocenosis (los seres vivos), el biotopo (el medio físico en el que se encuentran) y todas las interrelaciones entre los seres vivos y entre éstos y el medio físico.</b>	22	78,6	50	86,2	747,000 (p=0,349)
R (Regular). Lo definen de forma incompleta.	0	0,0	1	1,7	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no saber lo que son los ecosistemas.	6	21,4	7	12,1	
Pregunta 2. Apartado 2b. Define: Factores Abióticos. Cita cuatro ejemplos.	GEXP		GCON		U de Mann-Whitney
	Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>Elementos no vivos que forman parte de un ecosistema. Enumeran correctamente cuatro ejemplos.</b>	13	46,4	37	63,8	684,500 (p=0,174)
R (Regular). Lo definen correctamente, pero no citan suficientes ejemplos, o citan ejemplos pero no lo definen.	2	7,1	1	1,7	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no saber lo que son los factores abióticos.	13	46,4	20	34,5	
Pregunta 2. Apartado 2d. Define: Nivel trófico.	GEXP		GCON		U de Mann-Whitney
	Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>Conjunto de seres vivos de un ecosistema que obtienen la materia y la energía de un modo semejante.</b>	10	35,7	24	41,4	802,000 (p=0,920)
R (Regular). Lo definen de forma incompleta.	7	25,0	7	12,1	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no saber lo que son los niveles tróficos.	11	39,3	27	46,6	
Pregunta 3. Apartado 3a. Problema de la red trófica en la que desaparecen las libélulas (se adjunta imagen en P.F.1). ¿Hablan en términos de los conceptos “cadenas tróficas” o “red trófica”? ¿Comprenden los conceptos?	GEXP 28 alumnos		GCON 58 alumnos		U de Mann-Whitney
	Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>Hablan de red o cadenas tróficas o alimentarias y, en sus argumentaciones, se observa que comprenden correctamente lo que significan. Establecen relaciones correctas entre los diferentes componentes de la red trófica respecto al aumento o disminución de sus poblaciones como consecuencia de la desaparición de las libélulas.</b>	23	82,1	29	50,0	530,500 (p=0,003)
R (Regular). En sus argumentaciones se observa una comprensión incompleta de estos conceptos.	4	14,3	15	25,9	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no haber comprendido los conceptos.	1	3,6	14	24,1	
Pregunta 4. Explica el siguiente esquema (se adjunta imagen en P.F.1) de la energía y la materia en los ecosistemas:	GEXP		GCON		U de Mann-Whitney
	Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>Explican correctamente lo que significa la imagen haciendo referencia al ciclo de la materia y al flujo de energía que hay en los ecosistemas.</b>	13	46,4	27	46,6	807,500 (p=0,964)
R (Regular). Lo explican de forma incompleta.	8	28,6	17	29,3	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no saber lo que significa la imagen.	7	25,0	14	24,1	
Pregunta 6. ¿Qué es la Biomasa?	GEXP		GCON		U de Mann-Whitney
	Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>Es la masa total de materia orgánica de los seres vivos de un ecosistema.</b>	18	64,3	35	60,3	745,500 (p=0,471)
R (Regular). Lo definen de forma incompleta.	3	10,7	0	0,0	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no saber lo que es la biomasa.	7	25,0	23	39,7	

**TABLA 15.** Resultados comparativos del cambio conceptual de los GEXP y GCON en contenidos de ecología. En negrita se indican las respuestas correctas y los valores estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ).

A continuación se comentan brevemente los resultados con algunos ejemplos de las respuestas de los alumnos.

La pregunta 1 sobre el concepto de “ecosistema” y sus conceptos asociados de “biotopo” y “biocenosis”, ya comentada con ejemplos en la hipótesis 2.1, obtiene respuestas correctas en el 78,6% del GEXP y el 86,2% del GCON. Es decir, el aprendizaje de este concepto es adecuado en ambas muestras.

La pregunta 2b sobre el concepto de “factores abióticos” es importante como contraposición a los “factores bióticos” y ambos son necesarios para la construcción de los conceptos de “biotopo” y “biocenosis”, y esenciales para la comprensión de los ecosistemas y los requerimientos ambientales de las diferentes especies. El 46,4% del GEXP y el 63,8% del GCON la responden de forma adecuada, lo que deja de manifiesto que este concepto está comprendido y aprendido sólo por una parte de los alumnos. Un ejemplo de respuesta correcta sería:

*“Son todas las variables que caracterizan al biotopo y permiten la vida de los organismos que están adaptados a ellos como la temperatura, humedad, geografía, edáficos, químicos, etc.” (GEXP-A16-P.F.1-P2b)*

Respecto a la pregunta 2d, es el concepto de “nivel trófico” el que debe definirse. Éste es esencial para sustentar los conocimientos sobre las “cadenas y redes tróficas” y las “pirámides tróficas”, así como para llegar a comprender los difíciles e importantes conceptos de “flujo de energía” y “ciclos de materia” en los ecosistemas. Si se tiene en cuenta que un 35,7% del GEXP y un 41,4% del GCON dan respuestas correctas a esta pregunta, esto significa que los alumnos de ambos grupos tienen dificultades en la comprensión y aprendizaje de este concepto. Una buena respuesta es:

*“Conjunto de seres vivos en un ecosistema que consiguen materia y energía de manera semejante. Hay tres: Productores (autótrofos), Consumidores (heterótrofos) y Descomponedores (bacterias y hongos).” (GEXP-A11-P.F.1-P2d)*

También la pregunta 3a sobre el concepto de “cadenas tróficas” se ha comentado con ejemplos en la hipótesis 3.1. Se han obtenido respuestas correctas en el 82,1% del GEXP y el 50,0% del GCON, con claras diferencias a favor del GEXP.

La pregunta 4 requiere de la explicación de un esquema en el que los alumnos deben hacer referencia a los conceptos de “flujo de energía” y “ciclos de materia”, conceptos difíciles pero esenciales para ir creando un conocimiento más complejo del funcionamiento de los ecosistemas. Los resultados ponen de manifiesto la dificultad de esta pregunta pues sólo el 46,4% del GEXP y el 46,6% del GCON dan respuestas adecuadas. La mejor respuesta que se ha encontrado es:

*“Flujo unidireccional de la energía. La energía llegada del Sol es absorbida por los autótrofos y estos comidos por los heterótrofos. Los dos gastan energía en respirar y excrementos y la energía respirada y excretada o la llegada al último nivel trófico, no podrá volver a ser usada en ese ecosistema.  
Flujo cíclico de la materia. Los cadáveres de los organismos vivos y sus excrementos son descompuestos por las bacterias y microorganismos y transformados en materia inorgánica. Esta es usada por los autótrofos para conseguir alimento. Los*

*heterótrofos al comerse a los autótrofos consiguen materia. Estos al morir son descompuestos de nuevo y así se forma el ciclo.” (GEXP-A21-P.F.1-P4)*

Finalmente, en la pregunta 6 se solicita la definición del concepto de “biomasa”, también complejo a estas edades pero de introducción necesaria para ir tomando contacto con él. Su comprensión permitirá ir consolidando los conocimientos de “ciclos de materia” y “flujo de energía”. El 64,3% del GEXP y el 60,3% del GCON dan respuestas adecuadas del tipo:

*“La biomasa es la masa total de materia orgánica de los seres vivos que hay en un ecosistema.” (GEXP-A23-P.F.1-P6)*

Si se observa detenidamente la P.F.1, diseñada por la profesora del GCON, se puede ver cómo la mayoría de las preguntas analizadas hacen referencia a definiciones de manual, como las que aparecen en los libros de texto. Este aspecto habrá que tenerlo en cuenta para las conclusiones finales de este estudio, pues toda metodología suele llevar asociada una forma afín de evaluación. En este aspecto el GEXP podría estar en desventaja frente al GCON al no disponer de suficientes preguntas en las que los alumnos puedan emplear las capacidades desarrolladas mediante la MRPI. No obstante, se debe destacar que la propia MRPI no sólo desarrolla dichas capacidades de la competencia científica, las diferentes dimensiones competenciales, sino que además permite el aprendizaje de conceptos y el cambio conceptual al mismo nivel que el GCON que ha trabajado con una metodología más tradicional.

Por tanto, como contrastación de esta Hipótesis 2.2 (H<sub>2.2</sub>) relacionada con la comparación del cambio conceptual entre ambos grupos en base a los resultados obtenidos en el análisis cuantitativo y, tras realizar el correspondiente análisis cualitativo, se puede concluir que:

**Las dos muestras de alumnos del estudio, GEXP y GCON, se consideran estadísticamente homogéneas al finalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje para los conocimientos conceptuales de ecología seleccionados en la P.F.1 (“ecosistema”, “factores abióticos”, “niveles tróficos”, “flujo de energía”, “ciclo de materia” y “biomasa”), con excepción de los relacionados con las “cadenas tróficas” que son estadísticamente significativos a favor del GEXP.**

#### 4.4.3. Contrastación de la subhipótesis 2.3 sobre la persistencia en el tiempo del cambio conceptual de los GEXP y GCON sobre ecología

La tercera y última subhipótesis ( $H_{2.3}$ ) se refiere a la comparación de la persistencia en el tiempo del cambio conceptual logrado por los alumnos de ambos grupos:

Hipótesis 2.3 ( $H_{2.3}$ )
“El cambio conceptual producido en el GEXP por el aprendizaje con la MRPI persistirá en el tiempo sin sufrir un retroceso estadísticamente significativo respecto al GCON”

Para contrastar esta hipótesis se realiza un estudio estadístico en el que se comparan preguntas entre dos pruebas, la P.F.1 y la P.F.2.

La comparación con la P.F.2, cuestionario que se aplica trascurridos 6 meses desde que finalizó el proceso de enseñanza-aprendizaje, tiene la intención de investigar cómo ha evolucionado el aprendizaje de conceptos respecto a su persistencia en el tiempo. Los dos cuestionarios son diferentes entre sí, como se vio en el Capítulo 2 en su Apartado 2.7.2, con preguntas sobre los mismos contenidos que permiten su comparación. Los datos obtenidos se encuentran en el Anexo V.

Las respuestas son analizadas estadísticamente con el test de rangos señalados y pares igualados de Wilcoxon. La hipótesis nula es que “no existen diferencias significativas entre las puntuaciones de las dos pruebas analizadas” frente a la hipótesis alternativa de que existen dichas diferencias. Se recuerda que este estadístico no indica a favor de qué muestra son las diferencias por lo que se debe estudiar el número de alumnos que mejoran (a), empeoran (b) o se mantienen igual en su aprendizaje.

A continuación, en la Tabla 16 se muestran las preguntas relacionadas de los cuestionarios comparados según los conceptos investigados. También se indica el resultado del estadístico en los dos grupos, así como los valores y porcentajes obtenidos en las diferentes cuestiones.



Concepto de “ecosistema”		GEXP – 28 alumnos				Wilcoxon	GCON – 58 alumnos				Wilcoxon
P.F.1 - Pregunta 1.	P.F.2 - Pregunta 9.	P.F.1		P.F.2			P.F.1		P.F.2		
¿Qué relación existe entre Biotopo, Biocenosis y Ecosistema?	El Ecosistema es:	Nº	%	Nº	%		Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>El ecosistema es el conjunto formado por la biocenosis (los seres vivos), el biotopo (el medio físico en el que se encuentran) y todas las interrelaciones entre los seres vivos y entre éstos y el medio físico.</b>	<b>2. El conjunto de seres vivos y elementos no vivos de un lugar, así como sus múltiples interrelaciones.</b>  <b>5.Biotopo + Biocenosis.</b>	22	78,6	24	85,7	-1,000 (p=0,317)	50	86,2	35	60,3	<b>-3,558<sup>b</sup></b> (p=0,000)
R (Regular). Lo definen de forma incompleta.		0	0,0	0	0,0		1	1,7	0	0,0	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no saber lo que son los ecosistemas.	1. El lugar donde habitan los seres vivos.	6	21,4	2	7,1		7	12,1	8	13,8	
	3. El conjunto de seres vivos de un lugar y sus interrelaciones (asociaciones, competencia, depredación, etc.).			2	7,1				12	20,7	
	4. El conjunto de elementos no vivos de un lugar y sus interrelaciones (erosión, clima, factores físico-químicos, etc.).			0	0,0				3	5,2	
Concepto de “factores abióticos”		GEXP – 28 alumnos				Wilcoxon	GCON – 58 alumnos				Wilcoxon
P.F.1 - Pregunta 2. Apartado 2 b.	P.F.2 - Pregunta 8.	P.F.1		P.F.2			P.F.1		P.F.2		
Factores abióticos. Cita cuatro ejemplos.	Entre los diversos factores abióticos podemos citar estos cuatro:	Nº	%	Nº	%		Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>Elementos no vivos que forman parte de un ecosistema. Enumeran correctamente cuatro ejemplos.</b>	<b>1. Composición del suelo, luz, humedad y presión.</b>	13	46,4	21	75,0	<b>-2,104<sup>a</sup></b> (p=0,035)	37	63,8	22	37,9	<b>-3,014<sup>b</sup></b> (p=0,003)
R (Regular). Lo definen correctamente, pero no citan suficientes ejemplos, o citan ejemplos pero no lo definen.		2	7,1	0	0,0		1	1,7	0	0,0	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no saber lo que son los factores abióticos.	2. Temperatura, luz, búsqueda de alimento y salinidad del agua.	13	46,4	2	7,1		20	34,5	18	31,0	
	3. Temperatura, humedad, abundancia de oxígeno y cooperación entre animales.			5	17,9				14	24,1	

**TABLA 16 (1/3).** Resultados comparativos de la persistencia en el tiempo del cambio conceptual de los GEXP y GCON en contenidos de ecología entre las P.F.1 y P.F.2. En negrita se indican las respuestas correctas y los valores estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ), donde <sup>a</sup> implica mejora y <sup>b</sup> retroceso en los resultados de aprendizaje.

Concepto de “niveles tróficos		GEXP – 28 alumnos				Wilcoxon	GCON – 58 alumnos				Wilcoxon
P.F.1 - Pregunta 2. Apartado 2 d.	P.F.2 - Pregunta 10.	P.F.1		P.F.2			P.F.1		P.F.2		
Define: Nivel trófico.	¿Qué son los “niveles tróficos”?	Nº	%	Nº	%		Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>Conjunto de seres vivos de un ecosistema que obtienen la materia y la energía de un modo semejante.</b>		10	35,7	15	53,6	-0,431 (p=0,666)	24	41,4	10	17,2	<b>-3,914<sup>b</sup></b> (p=0,000)
R (Regular). Lo definen de forma incompleta.		7	25,0	0	0,0		7	12,1	0	0,0	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no saber lo que son los niveles tróficos.		11	39,3	13	46,4		27	46,6	48	82,8	
Concepto y comprensión de “cadenas tróficas”		GEXP – 28 alumnos				Wilcoxon	GCON – 58 alumnos				Wilcoxon
P.F.1 - Pregunta 3a.	P.F.2 - Pregunta 14.	P.F.1		P.F.2			P.F.1		P.F.2		
Problema de la red trófica en la que desaparecen las libélulas (se adjunta imagen). ¿Comprenden los conceptos?	Observa la secuencia de alimentación entre especies y explica ¿Qué sucedería a los pinos, procesionarias y halcones si una enfermedad afecta a los cucos haciéndolos desaparecer?	Nº	%	Nº	%		Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>En sus argumentaciones, se observa que comprenden correctamente lo que significan. Establecen relaciones correctas entre los diferentes componentes de la red trófica respecto al aumento o disminución de sus poblaciones como consecuencia de la desaparición de las libélulas.</b>	V (Verdadero). <b>Aumentan las procesionarias, disminuyen los pinos y disminuyen los halcones.</b>	23	82,1	20	71,4	-1,839 (p=0,066)	29	50,0	44	75,9	-1,897 (p=0,058)
R (Regular). En sus argumentaciones se observa una comprensión incompleta de estos conceptos.	R (Regular). En sus argumentaciones se observa una comprensión incompleta de estos conceptos.	4	14,3	0	0,0		15	25,9	0	0,0	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no haber comprendido los conceptos.	F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican que no comprenden el concepto de cadenas tróficas.	1	3,6	8	28,6		14	24,1	14	24,1	

**TABLA 16 (2/3).** Resultados comparativos de la persistencia en el tiempo del cambio conceptual de los GEXP y GCON en contenidos de ecología entre las P.F.1 y P.F.2. En negrita se indican las respuestas correctas y los valores estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ), donde <sup>a</sup> implica mejora y <sup>b</sup> retroceso en los resultados de aprendizaje.

Conceptos de “ciclo de materia y flujo de energía”		GEXP – 28 alumnos				Wilcoxon	GCON – 58 alumnos				Wilcoxon
P.F.1 - Pregunta 4.	P.F.2 - Pregunta 11.	P.F.1		P.F.2			P.F.1		P.F.2		
Explica el siguiente esquema (se adjunta imagen) de la energía y la materia en los ecosistemas:	Cualquier ecosistema se caracteriza por tener:	Nº	%	Nº	%		Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>Explican correctamente lo que significa la imagen haciendo referencia al ciclo de la materia y al flujo de energía que hay en los ecosistemas.</b>	<b>3. Un flujo unidireccional de energía y un ciclo de materia.</b>	13	46,4	9	32,1	<b>-2,222<sup>b</sup></b> (p=0,026)	27	46,6	10	17,2	<b>-5,169<sup>b</sup></b> (p=0,000)
R (Regular). Lo explican de forma incompleta.		8	28,6	0	0,0		17	29,3	0	0,0	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no saber lo que significa la imagen.	1. Un flujo unidireccional de materia y energía.	7	25,0	2	7,1		14	24,1	13	22,4	
	2. Un ciclo constante de materia y energía.			16	57,1				31	53,4	
	4. Un flujo unidireccional de materia y un ciclo de energía.			1	3,6				4	6,9	
Concepto de “biomasa”		GEXP – 28 alumnos				Wilcoxon	GCON – 58 alumnos				Wilcoxon
P.F.1 - Pregunta 6.	P.F.2 - Pregunta 12.	P.F.1		P.F.2			P.F.1		P.F.2		
¿Qué es la “biomasa”?	¿Qué es la “biomasa”?	Nº	%	Nº	%		Nº	%	Nº	%	
V (Verdadero). <b>Es la masa total de materia orgánica de los seres vivos de un ecosistema.</b>	<b>3. Es toda la materia orgánica viva (seres vivos) de un ecosistema o nivel trófico.</b>	18	64,3	12	42,9	<b>-1,848</b> (p=0,065)	35	60,3	19	32,8	<b>-2,828<sup>b</sup></b> (p=0,005)
R (Regular). Lo definen de forma incompleta.		3	10,7	0	0,0		0	0,0	0	0,0	
F (Falso). Otras respuestas incorrectas que indican no saber lo que es la biomasa.	1. Es toda la materia inorgánica de un ecosistema o nivel trófico.	7	25,0	2	7,1		23	39,7	10	17,2	
	2. Es toda la materia orgánica e inorgánica de un ecosistema o nivel trófico.			12	42,9				22	37,9	
	4. Es toda la materia orgánica no viva (excrementos, cadáveres, etc.) de un ecosistema o nivel trófico.			2	7,1				7	12,1	

**TABLA 16 (3/3).** Resultados comparativos de la persistencia en el tiempo del cambio conceptual de los GEXP y GCON en contenidos de ecología entre las P.F.1 y P.F.2. En negrita se indican las respuestas correctas y los valores estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ), donde <sup>a</sup> implica mejora y <sup>b</sup> retroceso en los resultados de aprendizaje.

De las comparaciones realizadas entre estas preguntas de la P.F.1 y P.F.2 se obtienen los siguientes resultados en relación al:

- Concepto de “ecosistema”. Para esta pregunta se acepta la hipótesis nula de la no existencia de diferencias significativas entre la P.F.1 y la P.F.2 en el GEXP. Sí hay diferencias significativas en el GCON que experimenta un retroceso de aprendizaje en un 31% de sus alumnos. El 78,6% de los alumnos del GEXP ya marcaba la respuesta correcta en la P.F.1 al finalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje y tras 6 meses es el 85,7% de los alumnos los que la responden de forma correcta en la P.F.2. Es decir, aumenta el número de alumnos en los que el aprendizaje de este concepto persiste en el tiempo en el GEXP, mientras que no hay persistencia en los alumnos del GCON.
- Concepto de “factores abióticos”. En esta pregunta se acepta la hipótesis alternativa de que existen diferencias significativas entre la P.F.1 y la P.F.2 tanto en el GEXP como en el GCON, pero si se atiende a los rangos se observa que el sentido del cambio en el aprendizaje de los conceptos es a favor del aprendizaje en el GEXP (35,7% de sus alumnos) y en contra del aprendizaje en el GCON (36,2% de sus alumnos). El 46,4% de los alumnos del GEXP seleccionaba la respuesta correcta en la P.F.1 y tras 6 meses es el 75% de los alumnos los que la responden de forma correcta en la P.F.2. El aprendizaje de este concepto también persiste en el tiempo en el GEXP, mientras que hay un claro retroceso de su aprendizaje en el GCON.
- Concepto de “niveles tróficos”. Aquí se acepta la hipótesis nula de que no existen diferencias significativas entre la P.F.1 y la P.F.2 en el GEXP. Por el contrario, en el GCON se ha producido un retroceso en el aprendizaje, cuyo sentido del cambio en su aprendizaje de los conceptos es desfavorable en un 37,9% de sus alumnos. En el GEXP, el 35,7% de los alumnos marcó la respuesta correcta en la P.F.1 y tras 6 meses es el 53,6% los que la responden de forma correcta en la P.F.2. Por tanto, la comprensión de este concepto también persiste en el tiempo en el GEXP habiendo un retroceso evidente del aprendizaje en el GCON.
- Concepto de “cadenas tróficas”. Para esta pregunta se acepta la hipótesis nula de que no existen diferencias significativas entre la P.F.1 y la P.F.2 en ambos grupos GEXP y GCON. El aprendizaje de este concepto persiste igual en el tiempo en el GEXP y en el GCON.
- Conceptos de “ciclo de materia y flujo de energía”. En esta pregunta se acepta la hipótesis alternativa de que sí existen diferencias significativas entre la P.F.1 y la P.F.2 en ambos grupos. Si se atiende a los rangos, se observa que el sentido del cambio en el aprendizaje de los conceptos es desfavorable en ambos grupos (50% del GEXP y 58,6% del GCON). Sólo el 32,1% del GEXP y el 17,2% del GCON contestan correctamente esta pregunta tras 6 meses de finalizar la UD de ecología. Este resultado evidencia la complejidad de comprensión de estos conceptos para los estudiantes de ESO y, como es el caso, con mayor motivo para los cursos iniciales de la etapa (Bravo Torija & Jiménez Aleixandre, 2014).

- Concepto de “biomasa”. Aquí se acepta la hipótesis nula sobre la no existencia de diferencias significativas entre la P.F.1 y la P.F.2 en el GEXP. En el GCON sí hay diferencias significativas, pero si se atiende a los rangos se contempla un retroceso en su aprendizaje de este concepto de un 41,4% de sus alumnos. El conocimiento de este concepto sólo persiste en el tiempo para el GEXP.

El conjunto de comparaciones realizadas permiten comprobar como en el GEXP existe persistencia en el tiempo del cambio conceptual en cinco de las seis preguntas analizadas, es decir en todos los conceptos menos en los relativos al “ciclo de materia y flujo de energía”. Sin embargo en el GCON existe persistencia del cambio conceptual en sólo una de las preguntas analizadas. Por tanto, en relación al contraste de esta hipótesis 2.3 ( $H_{2.3}$ ) se puede concluir que:

**La persistencia en el tiempo del cambio conceptual sobre los conocimientos en ecología de la muestra de alumnos del GEXP, debido al aprendizaje de la MRPI, es estadísticamente significativa, siendo los conceptos de “ciclo de materia y flujo de energía” los únicos que sufren un retroceso en los resultados. Además, la persistencia en el tiempo del cambio conceptual es estadísticamente significativa a favor del GEXP, que persiste en 5 de los 6 conceptos analizados, frente al GCON que sólo persiste en el concepto y comprensión de las “cadenas tróficas”.**

En definitiva, para dar una respuesta al cuarto interrogante sobre el cambio conceptual producido por el tratamiento de la UD de ecología con la MRPI se hace una síntesis de las conclusiones obtenidas en las tres subhipótesis analizadas en este apartado:

**“Los alumnos del GEXP experimentan un cambio conceptual en relación a los conocimientos sobre ecología mediante el trabajo con la MRPI, al igual que los alumnos del GCON con una metodología de tipo tradicional, pero la persistencia en el tiempo de este cambio conceptual es mayor en el GEXP que en GCON”.**

Estos resultados obtenidos con la MRPI se unen a otros similares encontrados en la bibliografía en relación a que los enfoques indagativos facilitan la adquisición del conocimiento y su retención en el tiempo (Norman & Schmidt, 1992; Capon & Kuhn, 2004; Wong & Day, 2009; English & Kitsantas, 2013). También hay estudios con conclusiones similares en relación a que el grupo que aprende con una metodología basada en problemas, como es el caso de la MRPI, obtiene resultados semejantes a los del grupo que aprende con una metodología tradicional (Newman, 1993 en Strobel & van Barneveld, 2009; Wong & Day, 2009).

#### 4.5. Interrogante quinto sobre la actitud frente a la MRPI del GEXP

Tras concluir el análisis de procedimientos y del cambio conceptual, se aborda el estudio de la actitud que tienen los alumnos del GEXP hacia la propia metodología de trabajo en el aula, la MRPI.

Ahora, con los resultados obtenidos en la resolución de situaciones problemáticas y en las diferentes pruebas de evaluación se plantea una nueva pregunta: **“¿Estarán satisfechos los alumnos del GEXP con el aprendizaje realizado a través de la MRPI?”** Se trata de averiguar qué piensan los alumnos sobre la MRPI utilizada a lo largo de la UD de ecología.

Interesa conocer si son conscientes de que han mejorado así su aprendizaje, si les gusta o no la metodología, si le ven utilidad a nivel académico, si descubren dificultades o beneficios en esta forma de aprender, sobre el papel y ayuda del profesor e incluso averiguar si encuentran relaciones con la forma de resolver problemas en otras asignaturas o en la vida diaria. Es decir, es importante extraer conclusiones sobre las características metacognitivas de los alumnos respecto a la MRPI.

El siguiente estudio que se realiza con los datos recogidos en la escala de Likert, Tabla 27 (Anexo V), consiste en un análisis descriptivo que trata de profundizar en los aspectos metodológicos de la MRPI como un tipo de metodología de resolución de problemas.

Para ello, y siguiendo las pautas de investigaciones semejantes realizadas en el grupo de investigación (Varela, 1994; Ibáñez, 2005; Bárcena, 2015), para el análisis se unen los resultados de las dos opciones más desfavorables (1 y 2) y las dos opciones más favorables (4 y 5).

Los datos se analizan de forma individual y de forma agrupada, como se señaló en el Capítulo 2, Apartado 2.7.3, según los cuatro organizadores incluidos en el cuestionario:

- Características de la MRPI
- Metodología de trabajo
- Autoconfianza del alumno
- Transposición de conocimientos.

A continuación, en la Tabla 17 se muestran los resultados de frecuencias de las valoraciones de los alumnos en el cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN SOBRE LA MRPI	VALORACIÓN	GEXP 28 Alumnos	
		Nº	%
1. ¿Cómo te parece la forma de resolver los problemas que has empleado en esta asignatura?	1. ABURRIDA	0	0,0
	2.	0	0,0
	3.	2	7,1
	4.	21	75,0
	5. INTERESANTE	5	17,9
2. ¿Cómo te parece esta forma de resolver los problemas?	1. DIFÍCIL	0	0,0
	2.	3	10,7
	3.	4	14,3
	4.	17	60,7
	5. FÁCIL	4	14,3
3. ¿Te ha ayudado esta forma de resolver los problemas a aprender conceptos de ecología?	1. POCO	1	3,6
	2.	3	10,7
	3.	4	14,3
	4.	13	46,4
	5. MUCHO	7	25,0
4. ¿Te ha ayudado esta forma de resolver los problemas a familiarizarte con el trabajo de los científicos?	1. POCO	1	3,6
	2.	4	14,3
	3.	7	25,0
	4.	12	42,9
	5. MUCHO	4	14,3
5. ¿Te ayuda esta forma de resolver los problemas a resolver otros tipos de problemas que aparecen en el libro?	1. POCO	3	10,7
	2.	0	0,0
	3.	8	28,6
	4.	11	39,3
	5. MUCHO	6	21,4
6. ¿Te ayuda esta forma de resolver los problemas a sentirte más capaz de resolver otros problemas que te parezcan en principio desconocidos?	1. NO	1	3,6
	2.	3	10,7
	3.	5	17,9
	4.	9	32,1
	5. SÍ	10	35,7
7. ¿Cómo te ha resultado la ayuda que has recibido del profesor para aprender a resolver los problemas?	1. INÚTIL	0	0,0
	2.	2	7,1
	3.	3	10,7
	4.	12	42,9
	5. MUY ÚTIL	11	39,3
8. ¿Te puede ayudar esta forma de resolver los problemas a resolver situaciones en tu vida cotidiana (salud, familia, etc.)?	1. POCO	10	35,7
	2.	2	7,1
	3.	11	39,3
	4.	4	14,3
	5. MUCHO	1	3,6
9. ¿Crees que esta forma de resolver los problemas te puede ser útil para resolver problemas de otras asignaturas como los de Matemáticas o los de Física y Química de esta misma asignatura?	1. POCO	2	7,1
	2.	1	3,6
	3.	6	21,4
	4.	12	42,9
	5. MUCHO	7	25,0
10. ¿Te ha despertado algún interés esta forma de resolver los problemas respecto a lo que es la Biología y las ciencias en general?	1. NO	1	3,6
	2.	0	0,0
	3.	2	7,1
	4.	16	57,1
	5. SÍ	9	32,1
11. ¿Cómo te ha resultado esta forma de desarrollar las clases de ecología?	1. INADECUADA	0	0,0
	2.	0	0,0
	3.	2	7,1
	4.	13	46,4
	5. ADECUADA	13	46,4
12. Esta forma de trabajar, ¿ha aumentado tu confianza para resolver problemas?	1. POCO	1	3,6
	2.	0	0,0
	3.	3	10,7
	4.	18	64,3
	5. MUCHO	6	21,4

**TABLA 16.** Resultados de frecuencias de las valoraciones de los alumnos en el cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

En la Tabla 18 se encuentran los resultados globales, favorables y desfavorables, que se han obtenido para cada uno de los cuatro organizadores considerados.

<b>ORGANIZADORES</b>	<b>CUESTIONES</b>	<b>% DESFAVORABLES</b>	<b>% FAVORABLES</b>
Características de la MRPI	1, 2, 3, 4 y 5	10,7	71,4
Metodología de trabajo	7 y 11	3,6	87,5
Autoconfianza del alumno	6, 10 y 12	7,1	81,0
Transposición de conocimientos	8 y 9	26,8	42,9

**TABLA 17.** Resultados globales para cada organizador del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

A partir de los resultados recogidos en la Tabla 18 se observa como los alumnos valoran favorablemente cada uno de estos organizadores estudiados. A continuación se analizan los resultados de forma pormenorizada y se establecen relaciones con investigaciones precedentes en Física (Varela, 1994), Biología (Ibáñez, 2003), Química (Bárcena, 2015), etc.

#### **Organizador “Características de la MRPI”**

Las preguntas 1, 2, 3, 4 y 5 son las que engloban este aspecto. Son cuestiones relacionadas con impresiones sobre esta forma de trabajar, su nivel de dificultad, su potencial para favorecer el aprendizaje de conceptos y la adquisición de destrezas científicas, etc. Sus datos aparecen en la Tabla 19.

<b>ORGANIZADOR</b>	<b>CUESTIONES</b>	<b>% DESFAVORABLES</b>	<b>% FAVORABLES</b>
Características de la MRPI	1	0,0	92,8
	2	10,7	75,0
	3	14,3	71,4
	4	17,9	57,2
	5	10,7	60,7
	<b>GLOBAL</b>	<b>10,7</b>	<b>71,4</b>

**TABLA 18.** Resultados del organizador “Características de la MRPI”.

Los resultados de las cinco cuestiones en conjunto indican que para el 71,4% de los alumnos la MRPI tiene características favorables para su aprendizaje.

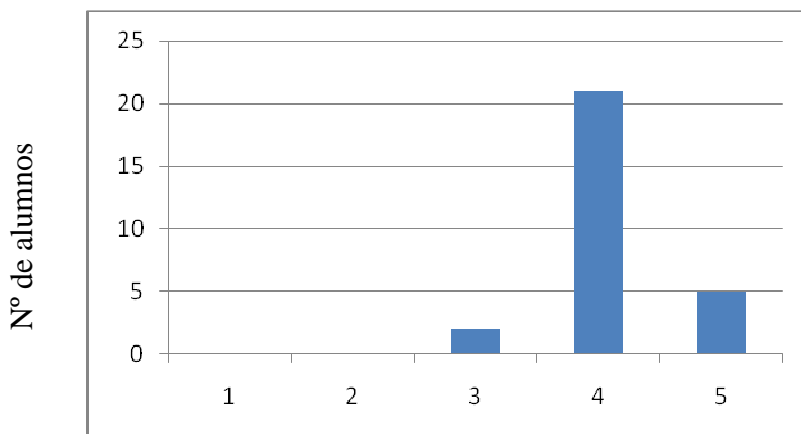
Por cuestiones, destaca con creces la cuestión 1 con el 92,8% de los alumnos que considera interesante la manera de resolver las situaciones problemáticas. Para el 75% esta forma de trabajar les resulta bastante fácil y para un 71,4% la ven favorable para aprender los conceptos de ecología. El 57,2% considera que resolver situaciones problemáticas les ha familiarizado con el trabajo que realizan los científicos, así como para resolver otros tipos de problemas del libro (opinión del 60,7%).



A continuación, se analiza cada cuestión de forma individual mostrando un gráfico de sus porcentajes y un conjunto de ejemplos de las respuestas más relevantes que dan los alumnos, tanto favorables como desfavorables, hacia la MRPI.

**Cuestión 1. ¿Cómo te parece la forma de resolver los problemas que has empleado en esta asignatura?**

En la siguiente gráfica de barras (Ilustración 20) se muestra el número de alumnos que elige cada opción.



Nivel de valoración entre “aburrida” (1) e “interesante” (5)

**ILUSTRACIÓN 20.** Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 1 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

Algunas opiniones de los alumnos que muestran sus razones para argumentar el interés por esta forma de trabajar están relacionadas principalmente con el gusto por trabajar en grupo:

*Porque estábamos en grupos. (GEXP-A24-MRPI-P1)*

*A mí lo de hacer los problemas me ha gustado porque es otra forma de aprender y me gusta hacer los trabajos en grupo, si lo hubiésemos hecho por separado no me habría gustado. (GEXP-A01-MRPI-P1)*

*Me parece más divertido que dar clase normal, porque estamos en grupo. (GEXP-A26-MRPI-P1)*

*Me gusta buscar la información necesaria y porque resolviendo en grupos los problemas se hace más interesante. (GEXP-A25-MRPI-P1)*

*Está bien porque lo hacemos en grupo, pero también por la información que obtenemos. (GEXP-A02-MRPI-P1)*

También por su preferencia frente a las clases con el libro de texto y a no ser simples oyentes en el aula:

*Porque prefiero hacer estos problemas antes que estar con el libro. (GEXP-A19-MRPI-P1)*

*Puede ser bastante divertida, más que explicarlo sin más. (GEXP-A21-MRPI-P1)*

*No estamos todo el rato escuchando y pensamos nosotros, no el profesor. (GEXP-A08-MRPI-P1)*

Otro argumento es que les facilita el aprendizaje de la asignatura y el aprender a investigar:

*Porque de esta manera es más fácil aprender. (GEXP-A04-MRPI-P1)*

*Es más fácil hacer problemas. (GEXP-A18-MRPI-P1)*

*Te desempeña la forma de resolver los problemas y de ayudarte. (GEXP-A13-MRPI-P1)*

*Es interesante porque se aprende a buscar información para hacer el trabajo. (GEXP-A15-MRPI-P1)*

*Porque es otra forma de aprender las ciencias naturales. (GEXP-A14-MRPI-P1)*

A otros simplemente les gusta o les divierte esta forma de trabajar resolviendo problemas:

*Porque a mi me ha gustado el método de realizar el problema. (GEXP-A23-MRPI-P1)*

*Porque me divierto y me gusta obtener resultados. (GEXP-A06-MRPI-P1)*

*Porque hace amena la clase y nos ayuda a aprobar la asignatura con las notas de los trabajos. (GEXP-A22-MRPI-P1)*

*Me parece bien porque la clase es más divertida y sabemos los resultados verdaderos, no unas aproximaciones. (GEXP-A05-MRPI-P1)*

Algunos aportan sugerencias o expresan cierto desencanto con la dinámica seguida o con el tipo de problemas:

*Bueno, me ha gustado más o menos, pero no me gustaría estar todo el año así. (GEXP-A11-MRPI-P1)*

*Porque no está mal, lo que pasa es que deja muy poco tiempo en algunos problemas. (GEXP-A17-MRPI-P1)*

*Me parece que son muy interesantes, pero alguno a veces es un poco aburrido. (GEXP-A09-MRPI-P1)*

*Porque a veces me gustaba y a veces me aburría. (GEXP-A10-MRPI-P1)*

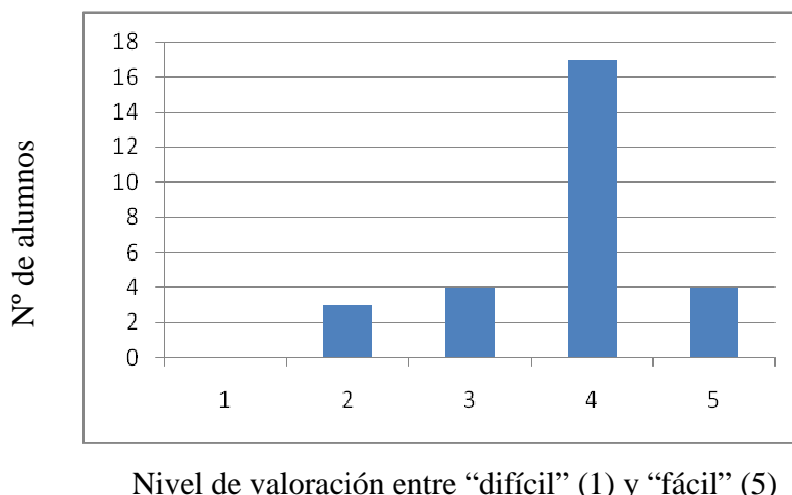
*Porque aunque eran interesantes y entretenidos no es algo que me apasione. (GEXP-A28-MRPI-P1)*

*Si hubiese sido por separado sería muy aburrido, pero por grupos está bien. (GEXP-A03-MRPI-P1)*

Para finalizar el análisis de esta cuestión, con el 92,8% de valoraciones más favorables (4 y 5) y sin alumnos que seleccionen los valores más desfavorables (1 y 2), se puede concluir que esta forma de resolver las situaciones problemáticas es valorada como muy interesante por prácticamente la totalidad de los alumnos. En ecología se obtienen valores superiores a los obtenidos por los investigadores en Biología (63%), Física (60%) y Química (39% en la Fase I y 47% en la Fase II).

## Cuestión 2. ¿Cómo te parece esta forma de resolver los problemas?

La Ilustración 21 muestra sus resultados.



**ILUSTRACIÓN 21.** Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 2 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

Las razones que dan los alumnos para argumentar la dificultad o facilidad de esta forma de resolver las situaciones problemáticas están relacionadas con sus preferencias o con dificultades con algún aspecto de todo el proceso.

Para una mayoría de alumnos, y según sus propias palabras, esta forma de trabajar les ha parecido fácil:

*Porque está bien. (GEXP-A12-MRPI-P2)*

*Está bien. (GEXP-A08-MRPI-P2)*

*Lo entiendes mejor. (GEXP-A18-MRPI-P2)*

*En algunos fácil y en otros normal. (GEXP-A04-MRPI-P2)*

*La mayoría eran muy fáciles de resolver, menos el de las vacas. (GEXP-A10-MRPI-P2)*

*Bastante fácil, pero algunos en la forma de plantearlo era difícil. (GEXP-A21-MRPI-P2)*

*Es fácil, sólo que en algunos problemas resulta algo difícil. (GEXP-A23-MRPI-P2)*

*No son tan complicados, pero algunos cuestan más que otros. (GEXP-A14-MRPI-P2)*

Incluso algunos argumentan que las causas de dicha facilidad se deben a la ayuda prestada por el profesor, al uso de la plantilla de resolución y al propio trabajo en grupo:

*Porque somos nosotros los que hacemos el trabajo y, con un poco de ayuda del profesor lo entendemos mejor. (GEXP-A15-MRPI-P2)*

*Al plantearlo, pensarlo y demás el resultado lo podemos hallar muy fácilmente. (GEXP-A19-MRPI-P2)*

*Por la plantilla, que se resuelve mejor. (GEXP-A17-MRPI-P2)*

*Porque la plantilla ayuda mucho. (GEXP-A20-MRPI-P2)*

*Fácil, lo único que tienes que hacer es buscar y seguir la plantilla. (GEXP-A06-MRPI-P2)*

*Bastante fácil, porque con la plantilla, aunque tienes que pensar, es sólo ir contestando preguntas. (GEXP-A28-MRPI-P2)*

*Algunos pasaban ya de fáciles, pero como varias cabezas trabajan mejor que una, se podría decir que no se hacía tan difícil. (GEXP-A16-MRPI-P2)*

*Es más bien fácil, porque en grupo nos repartimos el trabajo y es mucho más fácil. (GEXP-A25-MRPI-P2)*

*Porque con las ideas y todos los del grupo es más fácil, como hay diferentes ideas se pueden contrastar y llegar a la solución. (GEXP-A24-MRPI-P2)*

Por el contrario, para algunos alumnos les ha resultado difícil esta forma de trabajar:

*A mí me parece un poco difícil, como es la primera vez me ha resultado difícil. (GEXP-A13-MRPI-P2)*

*Porque a veces no sabía por donde cogerlo. (GEXP-A07-MRPI-P2)*

Sin embargo, algunas opiniones de los alumnos hacen referencia a dificultades con diferentes factores como la plantilla de resolución de las situaciones problemáticas, con el propio trabajo en grupo o con los tiempos empleados en su resolución y realización de la memoria:

*Porque a veces algunos puntos de la plantilla (puntos 3 y 4) son difíciles de hacer y liosos. (GEXP-A22-MRPI-P2)*

*Porque no sé, para mí está bien, pero la plantilla es un poco repetitiva y un poco difícil. (GEXP-A01-MRPI-P2)*

*Está bien, pero la plantilla es muy igual, quiero decir que es muy repetitiva respecto a las preguntas. (GEXP-A03-MRPI-P2)*

*Preferiría que no hubiese plantilla, vamos que no tuviésemos que regirnos como nos regimos a ella. (GEXP-A11-MRPI-P2)*

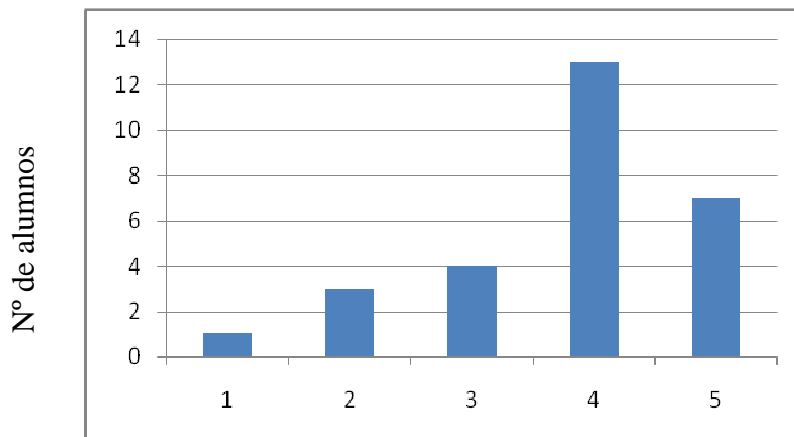
*Me parece bien, pero lo que no me gusta es que al final el trabajo lo hacen unos y los demás con pasarlo a limpio dicen que ya han trabajado. (GEXP-A05-MRPI-P2)*

*No es que digamos que es difícil, pero sería mejor si dejaras más días. (GEXP-A09-MRPI-P2)*

En esta cuestión 2 hay diferencias con otros estudios similares realizados en el equipo de investigación. La tarea les resulta fácil al 75% de los alumnos en ecología, pero en Física sólo al 16%, en Biología al 10% y en Química al 7% (Fase I) y al 13% (Fase II). Al 10,7% del alumnado les parece difícil esta forma de resolver los problemas de ecología, al 36% los de Física, al 43% los de Biología y para Química al 61% (Fase I) y al 27% (Fase II). En Química los alumnos opinaban que les resultaba difícil porque la MRPI les requería más esfuerzo (Bárcena, 2015), pero en ecología no ha habido ninguna opinión en este sentido haciendo referencia principalmente a las dificultades con la plantilla, el tiempo o el trabajo en grupo.

**Cuestión 3. ¿Te ha ayudado esta forma de resolver los problemas a aprender conceptos de ecología?**

Las valoraciones de los alumnos de la cuestión 3 están reflejadas en la Ilustración 22.



Nivel de valoración entre “poco” (1) y “mucho” (5)

**ILUSTRACIÓN 22.** Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 3 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

Las razones que dan los alumnos para argumentar si esta forma de resolver los problemas les ha ayudado a aprender conceptos de ecología están relacionadas principalmente con que aprenden buscando información, leyendo, debatiendo y escribiendo la información en la resolución de los problemas.

Algunas opiniones de los alumnos manifiestan de forma afirmativa que esta forma de resolver las situaciones problemáticas sí les ha ayudado a aprender los conceptos de ecología:

*Porque al buscar cosas aprendes. (GEXP-A12-MRPI-P3)*

*He aprendido bastante. (GEXP-A06-MRPI-P3)*

*Sí, ya que de esta manera se quedan mejor las cosas. (GEXP-A04-MRPI-P3)*

*Sí mucho, porque de toda la información, algo de lo que lees se te quedan muchas cosas. (GEXP-A05-MRPI-P3)*

*Había cosas de lo que hemos dado en los problemas que yo no sabía. (GEXP-A09-MRPI-P3)*

*Porque, después de resolver problemas y buscando información, aprendías cosas nuevas que no conocíamos. (GEXP-A22-MRPI-P3)*

*Bastante, porque al escribir sobre ello se te queda bastante. (GEXP-A28-MRPI-P3)*

*Al investigar y debatir con los compañeros, yo creo que he aprendido más que haciendo simplemente un ejercicio. (GEXP-A23-MRPI-P3)*

*Porque, al tener que buscar tú la información para resolver el problema, se te queda más. (GEXP-A24-MRPI-P3)*

*Hemos aprendido las cadenas y redes tróficas y muchas más cosas que de este modo se aprenden mejor. (GEXP-A25-MRPI-P3)*

*Porque el profe también explicaba las cosas y los problemas. Aprendías mucho. (GEXP-A19-MRPI-P3)*

*Porque al hacer el trabajo te ibas enterando de todo y lo aprendíamos. (GEXP-A17-MRPI-P3)*

Algunos opinan que sí les ha servido para aprender, aunque con matices:

*Sí algo, porque los problemas que pones son un poco bastante complicados. (GEXP-A01-MRPI-P3)*

*Bueno, he aprendido cosas que seguramente sin estos trabajos no hubiese aprendido, pero para la evaluación no me sirven. (GEXP-A03-MRPI-P3)*

*Sí, me ha ayudado un poco para saber algo de los animales. (GEXP-A13-MRPI-P3)*

*Más o menos, algunas veces sí. (GEXP-A11-MRPI-P3)*

*Porque no me lo he ido estudiando según hacía el problema, pero sí me he enterado más o menos de algunas cosas. (GEXP-A14-MRPI-P3)*

*Algunos sí, pero otros no. (GEXP-A16-MRPI-P3)*

Otros no tienen la percepción de que les haya sido útil esta metodología para aprender los conceptos de la UD:

*Poco. (GEXP-A08-MRPI-P3)*

*Porque no se me queda nada. (GEXP-A10-MRPI-P3)*

Incluso un par de alumnos, aún opinando que sí les ha ayudado esta metodología para aprender los conceptos, creen que hay otras formas mejores para aprender:

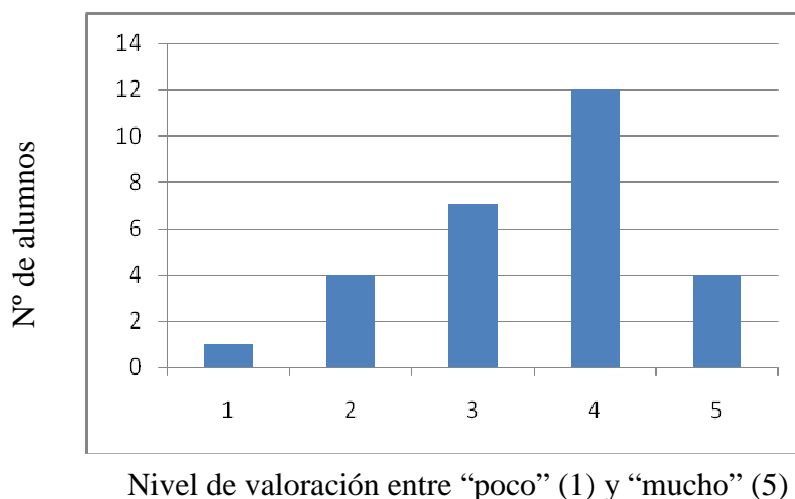
*He aprendido bastantes conceptos, pero sigo creyendo que hay formas mejores. (GEXP-A21-MRPI-P3)*

*Sí que aprendes, pero aprendes más si explicas. (GEXP-A26-MRPI-P3)*

En síntesis, el 71,4% de los alumnos contempla que esta forma de resolver las situaciones problemáticas es muy favorable para aprender los conceptos de ecología. Estas valoraciones coinciden con las encontradas en otras investigaciones (80% en Física, 60% en Biología y, 97% en la Fase I y 57% en la Fase II en Química). En ecología sólo el 14,3% de los alumnos encuentran la metodología de poca ayuda.

#### **Cuestión 4. ¿Te ha ayudado esta forma de resolver los problemas a familiarizarte con el trabajo de los científicos?**

Las valoraciones otorgadas por los alumnos a esta cuestión se muestran en la Ilustración 23.



**ILUSTRACIÓN 23.** Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 4 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

Algunas opiniones de los alumnos manifiestan de forma afirmativa que esta forma de resolver las situaciones problemáticas les ha ayudado a familiarizarse con el trabajo de los científicos:

*En algunos sí, ya que por ejemplo tenía que imaginar y construir una urna y muchas cosas más. (GEXP-A04-MRPI-P4)*

*Sí bastante, pero todavía me queda mucho que aprender. (GEXP-A05-MRPI-P4)*

*Porque tenía que investigar algo como los científicos. (GEXP-A10-MRPI-P4)*

*Bueno, más o menos, pero creo que los científicos tienen que buscar mucho más y costará más. (GEXP-A21-MRPI-P4)*

*Sí, porque me supone que los científicos investigan las características de los seres con que van a experimentar, y nosotros hemos hecho lo mismo. (GEXP-A25-MRPI-P4)*

*Mucho, porque ya sabes cómo hacerlo. (GEXP-A16-MRPI-P4)*

*Porque te sientes como un químico. (GEXP-A17-MRPI-P4)*

Otros no tienen la percepción de que les haya servido esta metodología para aprender cómo trabajan los científicos:

*No mucho, porque yo pienso que lo que estudian ellos no es ni parecido a nuestros problemas. (GEXP-A02-MRPI-P4)*

*Yo creo que no mucho, sólo un poquito. (GEXP-A09-MRPI-P4)*

*Más o menos. (GEXP-A11-MRPI-P4)*

*Algo sí, pero no creo que mucho. (GEXP-A28-MRPI-P4)*

*Tampoco es que hayamos hecho problemas tan difíciles. (GEXP-A18-MRPI-P4)*

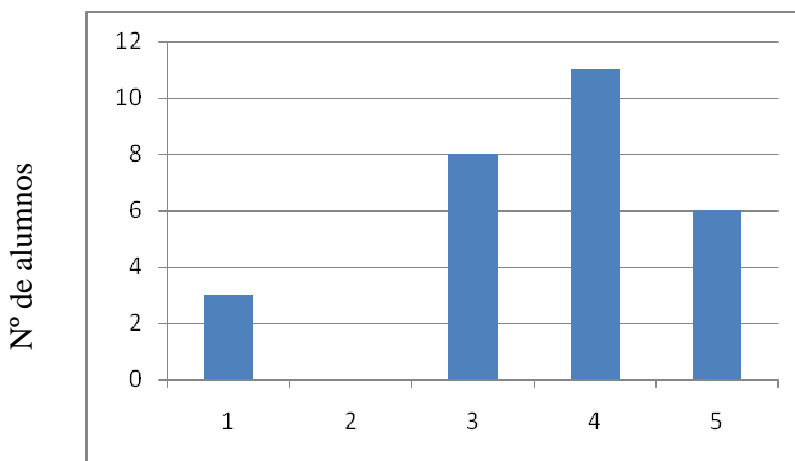
*Ni mucho ni poco, porque tampoco hemos visto mucho sobre su trabajo. (GEXP-A23-MRPI-P4)*

Respecto a si esta forma de resolver las situaciones problemáticas les ayuda mucho o poco a familiarizarse con el trabajo de los científicos, hay un 57,2% de valoraciones

favorables frente al 17,9% de los alumnos que no ven la metodología útil en este aspecto. Son datos que se asimilan a los obtenidos en Física (70%), en Biología (60%) y en Química en su primera fase (71%), aunque en la Fase II se obtuvieron datos algo inferiores (43%).

**Cuestión 5. ¿Te ayuda esta forma de resolver los problemas a resolver otros tipos de problemas que aparecen en el libro?**

A continuación se presentan las valoraciones de los alumnos (Ilustración 24).



Nivel de valoración entre “poco” (1) y “mucho” (5)

**ILUSTRACIÓN 24.** Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 5 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

Las razones que dan los alumnos para argumentar que esta forma de resolver los problemas les ayuda a resolver otros tipos de problemas del libro están relacionadas principalmente con el uso de la plantilla o el saberse los pasos:

*Yo no sé, porque mira, si lo haces con la plantilla puede que te ayude, pero no sé porque sin la plantilla no sé si me ayudaría. (GEXP-A01-MRPI-P5)*

*Sí, por las preguntas de la plantilla, si te guías pues lo puedes solucionar más fácilmente. (GEXP-A03-MRPI-P5)*

*Sí, porque hay que seguir los mismos pasos. (GEXP-A06-MRPI-P5)*

*Sí, porque hasta sin querer sigues los pasos. (GEXP-A05-MRPI-P5)*

*Sabiendo y aprendiendo cosas luego es más fácil entender los textos relacionados. (GEXP-A09-MRPI-P5)*

*Sí, porque te acuerdas de los problemas de la plantilla y puedes resolver otros fácilmente. (GEXP-A28-MRPI-P5)*

*Sí, porque entiendes mejor los conceptos del libro. (GEXP-A17-MRPI-P5)*

*Sí, porque pienso que de una forma u otra todo este tipo de problemas es igual. (GEXP-A25-MRPI-P5)*

*Ya sabes más o menos los pasos que hay que seguir y cómo seguirlos. (GEXP-A24-MRPI-P5)*



Los que opinan que no les ayuda suelen argumentarlo en relación a la diferencia entre los problemas o por no haberlo probado:

*No he probado a resolver así los problemas del libro. (GEXP-A11-MRPI-P5)*

*Algunos, porque otros son distintos. (GEXP-A04-MRPI-P5)*

*Dependiendo de qué tipo de problemas, pero para algunos sí me ha ayudado. (GEXP-A22-MRPI-P5)*

*No demasiado, porque el libro va de otros temas relacionados, pero no totalmente iguales. (GEXP-A21-MRPI-P5)*

*Porque si hay algunos del mismo tipo sí, pero si no son iguales no. (GEXP-A14-MRPI-P5)*

*Porque, como creo que estos problemas (las situaciones problemáticas) son más difíciles, me parecen los otros (los del libro) más fáciles. (GEXP-A23-MRPI-P5)*

El 60,7% de los alumnos encuestados consideran que esta forma de resolver las situaciones problemáticas de ecología les ayuda mucho a resolver otros tipos de problemas que aparecen en el libro. Sólo el 10,7% opina lo contrario. Los datos favorables en Física son del 87%, en Biología del 56% y en Química del 75% (Fase I) y 53% (Fase II). Aunque se tendrían que considerar los distintos tipos de problemas que suelen aparecer en los libros de estas asignaturas, en general, los alumnos piensan que el uso de la MRPI les ayuda en la resolución de cualquier problema académico.

### **Organizador “Metodología de trabajo”**

Este aspecto está englobado por las cuestiones 7 y 11 sobre la metodología de trabajo y el rol del profesor. Las opiniones de los alumnos se muestran en la Tabla 20.

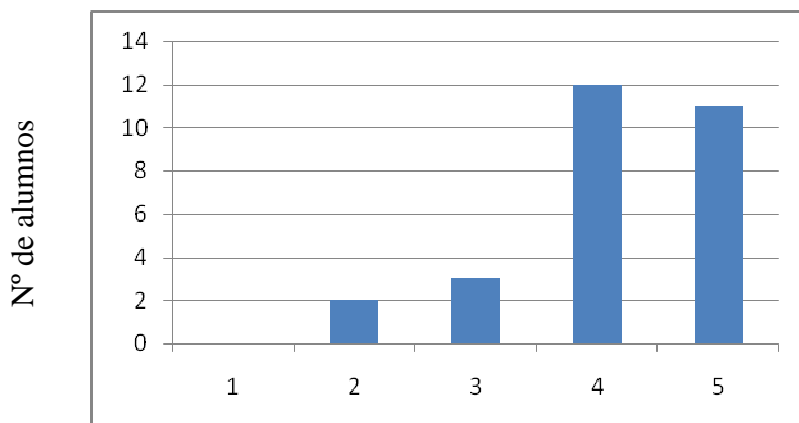
<b>ORGANIZADOR</b>	<b>CUESTIONES</b>	<b>% DESFAVORABLES</b>	<b>% FAVORABLES</b>
Metodología de trabajo	7	7,1	82,2
	11	0,0	92,8
	<b>GLOBAL</b>	<b>3,6</b>	<b>87,5</b>

**TABLA 19.** Resultados del organizador “Metodología de trabajo”.

Como se desprende de la tabla, los resultados de las dos cuestiones en conjunto indican que para el 87,5% de los alumnos esta metodología de trabajo y el papel que juega el profesor tienen características favorables para su aprendizaje. Por cuestiones, destaca con creces la 11 con el 92,8% de los alumnos que considera bastante adecuada esta forma de desarrollar las clases de ecología, mediante la resolución de situaciones problemáticas, y para el 82,2% ha sido bastante útil la ayuda que han recibido del profesor para aprender a resolverlas. A continuación se analizan las respuestas para las preguntas por separado.

### **Cuestión 7. ¿Cómo te ha resultado la ayuda que has recibido del profesor para aprender a resolver los problemas?**

Esta pregunta muestra sus datos en el siguiente diagrama (Ilustración 25).



Nivel de valoración entre “inútil” (1) y “muy útil” (5)

**ILUSTRACIÓN 25.** Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 7 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

Respecto a su valoración sobre la utilidad de la ayuda recibida por el profesor para la resolución de los problemas, los alumnos suelen hacer referencia a las orientaciones que el profesor les daba para poder llevar a cabo el proceso:

*Muchas veces sin sus ayudas no lo habríamos sabido resolver. (GEXP-A02-MRPI-P7)*

*Muy bien, porque había cosas que no las sabía. (GEXP-A04-MRPI-P7)*

*Muy útil, porque con lo que nos decía nos ayudaba mucho. (GEXP-A05-MRPI-P7)*

*Tenía cosas que te servían de mucho. (GEXP-A09-MRPI-P7)*

*Nos ha proporcionado mucha información. (GEXP-A06-MRPI-P7)*

*Porque te explica bien y te da datos importantes. (GEXP-A22-MRPI-P7)*

*Me ha parecido útil, porque por ejemplo en donde las vacas, sin lo de biomasa no creo que lo hubiésemos sacado. (GEXP-A21-MRPI-P7)*

*Porque en este último problema, si no hubiéramos recibido las fotocopias, no podríamos haber sabido la cantidad de hierba que comen las vacas. (GEXP-A25-MRPI-P7)*

*Porque el profe nos explicaba las cosas muy bien. (GEXP-A19-MRPI-P7)*

*Muy útil, porque si no fuera por él no habríamos resuelto nada. (GEXP-A28-MRPI-P7)*

*Porque nos ayudaba un poco sobre las cosas que había que poner. (GEXP-A14-MRPI-P7)*

*Ya que nos daba pistas y también nos daba información. (GEXP-A16-MRPI-P7)*

*Muy útil, porque sin él y sin sus fotocopias habría estado difícil resolverlos. (GEXP-A26-MRPI-P7)*

*Porque él te decía lo justo para entender el problema y solucionarlo. (GEXP-A17-MRPI-P7)*

Algunas opiniones sobre lo poco útil de la ayuda recibida del profesor suelen hacer referencia al fastidio de no recibir las respuestas en el acto, ya que el profesor les hacía indagar, a no encontrar la información deseada o incluso a reconocer que son muchos alumnos en clase y el profesor trata de llegar a todos:

*En algunos sí, pero en otros no porque decía que busquemos información. (GEXP-A01-MRPI-P7)*

*Porque hay hojas que no encontraba información. (GEXP-A07-MRPI-P7)*

*Porque no nos decía muchas cosas. (GEXP-A10-MRPI-P7)*

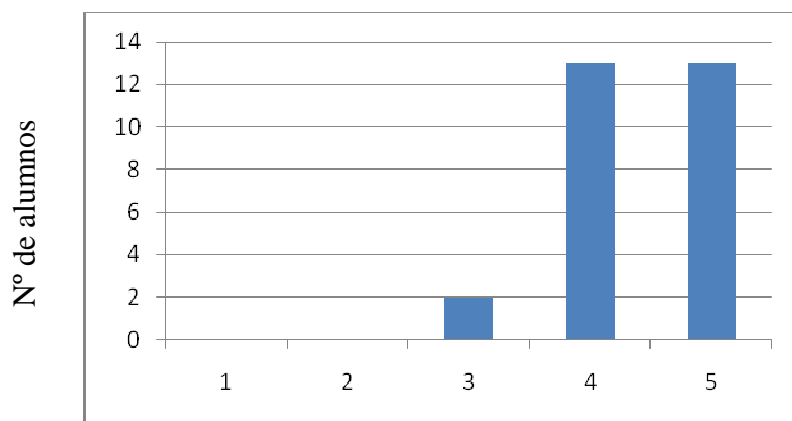
*A veces, porque otras cosas se las tenía que sacar tú. (GEXP-A11-MRPI-P7)*

*Porque nos ha ayudado mucho, pero como somos tantos supongo que nos podía haber ayudado más. (GEXP-A23-MRPI-P7)*

El papel del profesor y su ayuda son valorados positivamente por el 82,2% de los alumnos, frente al 7,1% que lo considera desfavorable. También se dan resultados positivos, aunque en diferente grado, en Física (100%), en Biología (63,3%) y Química (96% en la Fase I y 47% en la Fase II). Los datos desfavorables son reducidos en todas las asignaturas.

### **Cuestión 11. ¿Cómo te ha resultado esta forma de desarrollar las clases de ecología?**

En la Ilustración 26 se presentan los resultados de la pregunta.



Nivel de valoración entre “inadecuada” (1) y “adecuada” (5)

**ILUSTRACIÓN 26.** Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 11 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

Las razones que dan los alumnos para argumentar la adecuación de la MRPI para el desarrollo de las clases de ecología se refieren a la dicotomía entre trabajos y teoría, a la menor dificultad del trabajo con la MRPI y a valoraciones sobre su agrado con la forma de trabajar o cómo son atendidos por el profesor. Algunas opiniones de los alumnos que consideran adecuado el trabajo realizado con la MRPI son:

*Sí me parece adecuada, porque dando teoría es un aburrimiento. (GEXP-A03-MRPI-P11)*

*Bueno, mejor que dar teoría y hacer exámenes, porque con teoría lo llevaría... (GEXP-A02-MRPI-P11)*

*Me ha gustado, porque prefiero hacer trabajos antes que exámenes. (GEXP-A01-MRPI-P11)*

*Porque tampoco está mal. (GEXP-A12-MRPI-P11)*

*Bueno, de esta forma no ha sido difícil. (GEXP-A04-MRPI-P11)*  
*Sí, adecuada, pero un poco extraña. (GEXP-A05-MRPI-P11)*  
*Porque así no nos da la charla. (GEXP-A11-MRPI-P11)*  
*Porque me gusta. (GEXP-A10-MRPI-P11)*  
*Porque me lo paso "pipa" con el profe. (GEXP-A06-MRPI-P11)*  
*Porque ha estado bien e interesante y ha sido otra forma distinta de dar clase. (GEXP-A22-MRPI-P11)*  
*Porque mientras nos haya explicado toda la lección da igual cómo haya sido. (GEXP-A19-MRPI-P11)*  
*Porque sí me gusta. (GEXP-A14-MRPI-P11)*  
*Porque así ponemos en práctica lo que sabemos y además es más fácil. (GEXP-A26-MRPI-P11)*  
*Porque así se hacen más amenas las clases y no se tiene que estudiar tanto. (GEXP-A25-MRPI-P11)*  
*Adecuada, porque aprendes, y divertida. (GEXP-A28-MRPI-P11)*  
*Porque se hace más rápida (la clase) al hacerlo con más gente y haciendo un problema. (GEXP-A23-MRPI-P11)*  
*Así puedes entender los problemas y resolverlos. (GEXP-A16-MRPI-P11)*

Un par de opiniones que sí consideran adecuado el trabajo realizado con la MRPI sugieren que habría formas mejores o incluso que se podría haber complementado con explicaciones teóricas entre las situaciones problemáticas:

*Sí, creo que ha sido adecuada, pero habría otras formas mejores. (GEXP-A21-MRPI-P11)*  
*Bien, aunque entre problema y problema podías haber dado explicaciones. (GEXP-A09-MRPI-P11)*

El análisis de esta cuestión sobre la adecuación de la forma en que se han desarrollado las clases de ecología mediante la MRPI arroja resultados del 92,8% de valoraciones positivas y sin valoraciones negativas. Los datos también son altos en otras investigaciones del equipo (91% en Física, 80% en Biología y en la Fase I de Química con el 71%), con excepción de la Fase II de Química que obtiene valores inferiores del 43%. En general, parece que la metodología llama la atención de los estudiantes y, en general, la perciben como una metodología adecuada para el desarrollo de las clases. Estos resultados estarían en línea con los obtenidos por Duit & Tragoust (2003) sobre la satisfacción y gusto por el aprendizaje realizado, es decir, por el cambio conceptual. Otras investigaciones descubren una parte del alumnado, en general pequeña, con dificultades y rechazo hacia estas metodologías (Prince & Felder, 2007).

### Organizador “Autoconfianza del alumno”

Las cuestiones y los datos relacionados con la influencia que puede tener la MRPI en la confianza de los alumnos para la resolución de problemas y en su actitud hacia las ciencias aparecen en la Tabla 21.

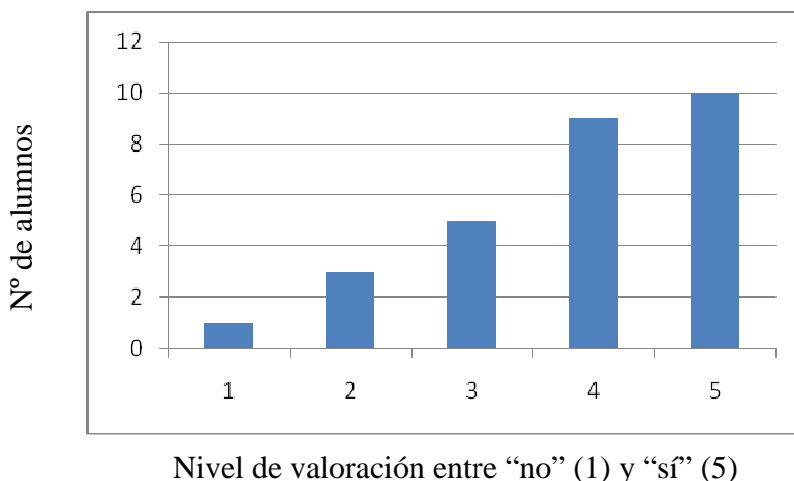
ORGANIZADOR	CUESTIONES	% DESFAVORABLES	% FAVORABLES
Autoconfianza del alumno	6	14,3	67,8
	10	3,6	89,2
	12	3,6	85,7
	<b>GLOBAL</b>	<b>7,1</b>	<b>81,0</b>

**TABLA 20.** Resultados del organizador “Autoconfianza del alumno”.

Los resultados de las tres cuestiones en conjunto indican que para el 81% de los alumnos esta metodología de trabajo favorece su confianza para la resolución de problemas y para despertarles el interés por las ciencias. Por preguntas, destaca la cuestión 10 con el 89,2% de los alumnos que considera que esta forma de resolver los problemas les despierta interés por la Biología y las ciencias en general. Además esta forma de trabajar, mediante la resolución de situaciones problemáticas, aumenta bastante su confianza para resolver problemas al 85,7% de los alumnos y les ayuda a sentirse más capaces de resolver otros problemas al 67,8% de ellos.

### Cuestión 6. ¿Te ayuda esta forma de resolver los problemas a sentirte más capaz de resolver otros problemas que te parezcan en principio desconocidos?

La cuestión 6 obtiene los valores que se presentan en la Ilustración 27.



**ILUSTRACIÓN 27.** Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 6 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

Las razones que dan los alumnos para argumentar que la MRPI les ayuda a sentirse más capaces de resolver otros tipos de problemas están relacionadas con la facilidad de seguir los pasos de la plantilla y a la necesidad de tener que buscar información:

*Sí, porque estos problemas se resuelven por partes, y pienso que es mejor resolver problemas por partes, que todo seguido, y entonces aunque sean desconocidos se pueden resolver igual. (GEXP-A25-MRPI-P6)*

*Sí, porque te acuerdas de los problemas de la plantilla y puedes resolver otros fácilmente. (GEXP-A28-MRPI-P6)*

*Porque son como problemas tipo, y a base de ellos yo creo que puedes saber más sobre otros. (GEXP-A23-MRPI-P6)*

*Ya sabes qué pasos hay que seguir. (GEXP-A24-MRPI-P6)*

*Porque si ya sabes hacer un trabajo, aunque te parezca desconocido, ya sabes cómo guiarte. (GEXP-A15-MRPI-P6)*

*Porque si resuelvo los problemas fácilmente me gusta hacer otros. (GEXP-A19-MRPI-P6)*

*Porque buscas información. (GEXP-A12-MRPI-P6)*

*Sabes cosas y te puedes hacer una idea. (GEXP-A09-MRPI-P6)*

Sin embargo, hay alumnos que ven dificultades en su aplicación a otros problemas:

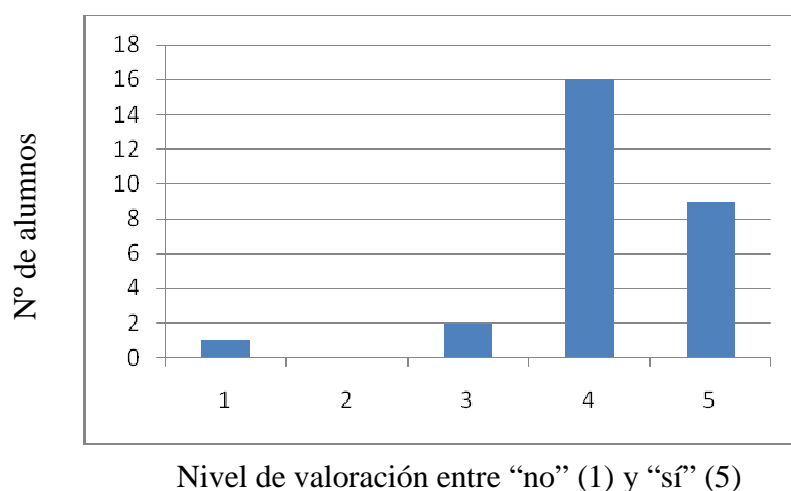
*Porque, si son iguales sí, pero si son de otra clase no creo. (GEXP-A14-MRPI-P6)*

*Yo creo que en algunos sí, pero por ejemplo en los de Química no. (GEXP-A01-MRPI-P6)*

El 67,8% de la muestra ve favorable la MRPI para sentirse más capacitados en la resolución de otro tipo de problemas frente al 14,3%. En otras asignaturas los datos son similares. Los alumnos que la ven favorable en Física son el 57%, en Biología el 77% y en Química el 66% y 56% en sus dos fases. También son similares los datos respecto a las opiniones desfavorables.

**Cuestión 10. ¿Te ha despertado algún interés esta forma de resolver los problemas respecto a lo que es la Biología y las ciencias en general?**

La Ilustración 28 muestra el número de alumnos con las diferentes valoraciones.



**ILUSTRACIÓN 28.** Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 10 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

Aunque algunos alumnos declaran que ya les gustaban las ciencias, las razones que alegan sobre el interés que les ha despertado esta forma de trabajar por las ciencias están relacionadas, principalmente, con que les ha gustado la metodología, su facilidad o novedad y el tener que trabajar en grupo:

*Sí, porque me he dado cuenta que las ciencias de la naturaleza son interesantes y divertidas. (GEXP-A25-MRPI-P10)*

*Sí, pero ya de por sí me gustaban. (GEXP-A28-MRPI-P10)*

*Bastante, porque la Biología en sí me gusta bastante. (GEXP-A21-MRPI-P10)*

*Porque con los problemas era más divertido, y al hacerlo en grupo más fácil. (GEXP-A19-MRPI-P10)*

*Porque me gusta la Biología. (GEXP-A10-MRPI-P10)*

*Me ha chocado, porque al principio parecía rara, pero luego se entiende. (GEXP-A07-MRPI-P10)*

*Porque me ha despertado el interés a la Biología o ecología. Me ha resultado interesante. (GEXP-A22-MRPI-P10)*

*He descubierto que puede ser más fácil. (GEXP-A18-MRPI-P10)*

*Bueno sí, es algo nuevo, porque a mí no se me hubiese ocurrido solucionarlo así. (GEXP-A03-MRPI-P10)*

*Sí, porque antes no había hecho esto nunca. (GEXP-A01-MRPI-P10)*

*Sí, porque yo algunas cosas no las sabía y me di cuenta de que las hacía mal. (GEXP-A04-MRPI-P10)*

*Sí, porque yo nunca lo había hecho así una clase. (GEXP-A05-MRPI-P10)*

Para otros la MRPI no les ha despertado un mayor interés o sólo escaso en algunos aspectos:

*Hombre, pues la ecología sí, pero en lo que pone ahí no. (GEXP-A02-MRPI-P10)*

*Porque ni sí, ni no. (GEXP-A11-MRPI-P10)*

*Sólo algunos problemas. (GEXP-A09-MRPI-P10)*

*Un poco más, pero la Biología y las ciencias ya me gustaban desde el principio. (GEXP-A23-MRPI-P10)*

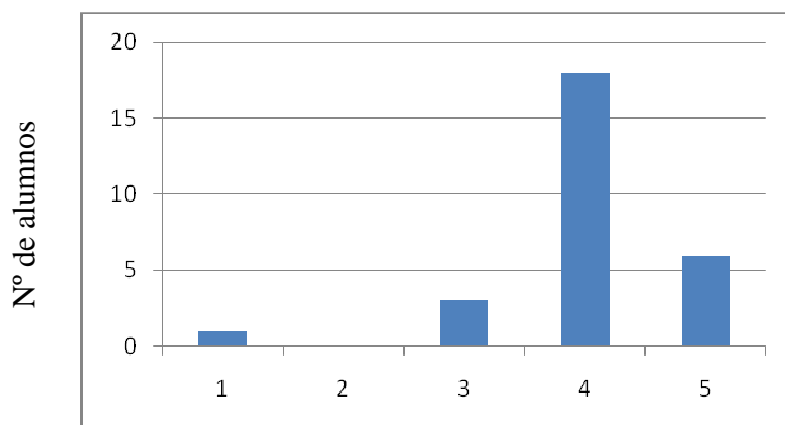
*Un poco más. (GEXP-A16-MRPI-P10)*

*Sobre todo los de Biología, porque la Química y la Física es muy aburrida. (GEXP-A26-MRPI-P10)*

A partir de los datos recogidos, el 89,2% de los alumnos dan valoraciones favorables sobre el interés que les despierta por las ciencias esta forma de trabajar resolviendo problemas. El 3,6% tiene una valoración desfavorable. Estos datos son superiores a los recogidos en Física (66% favorables frente a 13% desfavorables) y Biología (57% favorables frente a 23 % desfavorables). En Química los datos son semejantes en su primera fase, con el 93% favorable y 0% desfavorable, pero en la Fase II las opiniones son muy diferentes (36% favorable y 40% desfavorable).

## **Cuestión 12. Esta forma de trabajar, ¿ha aumentado tu confianza para resolver problemas?**

En la siguiente gráfica de barras (Ilustración 29) se muestra el porcentaje de las valoraciones de los alumnos para la cuestión 12.



Nivel de Nivel de valoración entre “poco” (1) y “mucho” (5)

**ILUSTRACIÓN 29.** Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 12 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

El aumento de confianza, que muestran los alumnos para resolver problemas gracias a esta forma de trabajar con la MRPI, se relaciona con el uso de la plantilla, la práctica, la importancia de trabajar en equipo para ver cómo piensan otros compañeros, y la motivación que les genera:

*Porque sigues la plantilla y se coge práctica. (GEXP-A24-MRPI-P12)*

*Sí, ya tengo mucho dominio con los problemas. (GEXP-A28-MRPI-P12)*

*Una vez que te lo aprendes lo haces para casi todo. (GEXP-A17-MRPI-P12)*

*Bastante, ahora creo que los problemas ecológicos no son tan complicados como creía. (GEXP-A21-MRPI-P12)*

*Porque cada trabajo que se hace se va aprendiendo más. (GEXP-A15-MRPI-P12)*

*Porque antes no sabía cómo resolver casi los problemas y ahora sé mucho más. (GEXP-A19-MRPI-P12)*

*Porque al hacer más problemas me siento con más base. (GEXP-A23-MRPI-P12)*

*Porque ahora, creo, me saldrán mejor que antes. (GEXP-A14-MRPI-P12)*

*Sí, en los problemas sí, porque es mejor con la plantilla, aunque más difícil. (GEXP-A01-MRPI-P12)*

*Porque buscas información. (GEXP-A12-MRPI-P12)*

*Me ha ayudado a saber resolverlos en todos los sentidos. (GEXP-A22-MRPI-P12)*

*Sí, al principio no, pero ahora sí. (GEXP-A04-MRPI-P12)*

*Sí, sabiendo como resuelven tus compañeros, luego te haces una mejor idea de resolver. (GEXP-A09-MRPI-P12)*

*Porque he aprendido a sacar partido a mis conocimientos. (GEXP-A25-MRPI-P12)*

Alguna opinión de los alumnos indica que su confianza ha aumentado sólo parcialmente o, incluso, que no lo ha hecho:

*Sí, si son del libro, pero si son personales no. (GEXP-A03-MRPI-P12)*

*Un poco, pero sin pasarse, porque me he dado cuenta de que puedo resolverlo. (GEXP-A02-MRPI-P12)*

*Sí, un poco, pero yo ya tenía confianza, bueno a medias. (GEXP-A05-MRPI-P12)*



En la presente investigación, el 85,7% de los alumnos cree que aumenta su confianza para resolver problemas el aprendizaje desarrollado con la MRPI y sólo un 3,6% no lo cree así. En los trabajos del equipo de investigación también son similares el bajo número de opiniones desfavorables, mientras que las favorables en Física son del 57%, en Biología el 77% y en Química del 66% y del 56% en sus dos fases. En todas se valora de forma positiva este aspecto, pero en ecología han sido más favorables.

### Organizador “Transposición de conocimientos”

Las cuestiones 8 y 9 son las que engloban este organizador. Son preguntas en relación a la percepción de los alumnos sobre la posible aplicación de la MRPI a otras materias científicas y a la vida cotidiana. Sus datos aparecen en la Tabla 22.

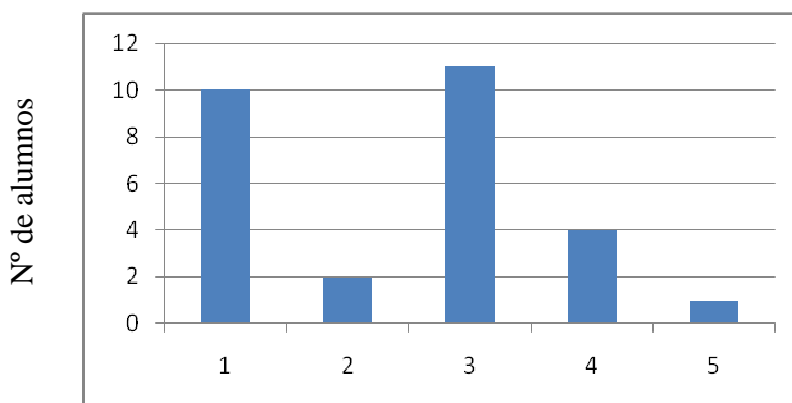
ORGANIZADOR	CUESTIONES	% DESFAVORABLES	% FAVORABLES
Transposición de conocimientos	8	42,8	17,9
	9	10,7	67,8
	<b>GLOBAL</b>	<b>26,8</b>	<b>42,9</b>

**TABLA 21.** Resultados del organizador “Transposición de conocimientos”.

Las dos cuestiones en conjunto indican que para el 42,9% de los alumnos esta metodología de trabajo tiene aplicación para otras ciencias y para la vida diaria en general. Por cuestiones, destaca la número 9 con el 67,8% de los alumnos que considera bastante útil esta forma de resolución de situaciones problemáticas para aplicarla a otras ciencias. Sin embargo, sólo el 17,9% afirma que se puede utilizar para ayudar a resolver problemas de la vida cotidiana, frente al 42,8% que no le ven utilidad en ese campo.

### Cuestión 8. ¿Te puede ayudar esta forma de resolver los problemas a resolver situaciones en tu vida cotidiana (salud, familia, etc.)?

Los valores de la cuestión 8 aparecen en la Ilustración 30.



Nivel de valoración entre “poco” (1) y “mucho” (5)

**ILUSTRACIÓN 30.** Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 8 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

Los alumnos, en general, no creen que esta forma de resolver los problemas les pueda ayudar a resolver problemas en su vida diaria:

*No, nada de nada. (GEXP-A03-MRPI-P8)*

*Pues no, porque esos problemas son más importantes. (GEXP-A02-MRPI-P8)*

*No, para nada. (GEXP-A01-MRPI-P8)*

*Porque no tiene que ver con mi vida. (GEXP-A10-MRPI-P8)*

*No. (GEXP-A07-MRPI-P8)*

*Porque la vida cotidiana es distinta. (GEXP-A013-MRPI-P8)*

*No me he visto en la situación, pero supongo que al no tener nada que ver, no me ayudaría. (GEXP-A28-MRPI-P8)*

*No tiene sentido. (GEXP-A18-MRPI-P8)*

*No creo que lo de nicho ecológico, ecosistema, etc. vaya a servirnos de mucho en tu vida normal. (GEXP-A21-MRPI-P8)*

*Porque la vida es mucho más rápida y si tuviéramos que estar resolviendo todos los problemas de esta forma no acabaríamos en la vida. (GEXP-A25-MRPI-P8)*

Otros, en cambio, plantean sus dudas o aclaran que quizás les puede ayudar:

*En la vida cotidiana sólo me ha servido el de la sal. (GEXP-A09-MRPI-P8)*

*No lo sé, ya que no lo he probado. (GEXP-A04-MRPI-P8)*

*Porque no siempre voy a seguir los pasos para resolver esos tipos de problemas, pero a veces sí serviría. (GEXP-A22-MRPI-P8)*

Sin embargo, otros creen que sí:

*Puede que sí, por ejemplo el que yo tengo. (GEXP-A05-MRPI-P8)*

*Bastante. (GEXP-A08-MRPI-P8)*

*Yo pienso que sí. (GEXP-A11-MRPI-P8)*

*Ni mucho ni poco, pero la información que he aprendido me servirá seguro. (GEXP-A23-MRPI-P8)*

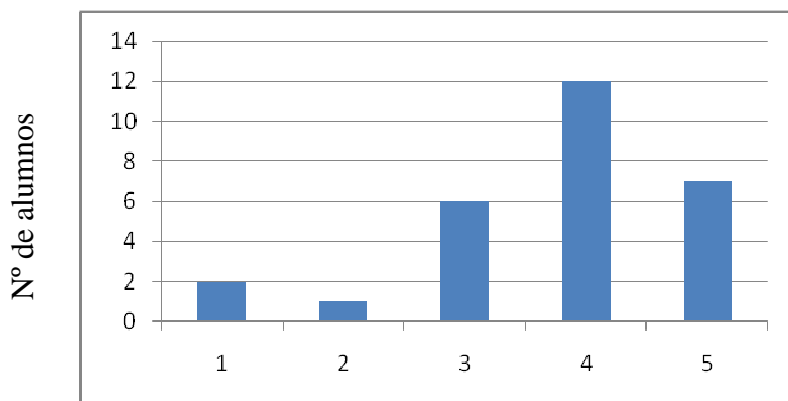
*Porque busco información. (GEXP-A12-MRPI-P8)*

*En muchas ocasiones, porque puedes plantear el problema y crear la solución más correcta. (GEXP-A19-MRPI-P8)*

De los datos se desprende que el 42,5% de los alumnos no creen que la MRPI les pueda ayudar a resolver problemas de su vida cotidiana. Valores similares se obtiene en Física y Química, pero no así en Biología donde un 70% de los alumnos la conciben de utilidad. En ecología sólo el 17,9% la considera de utilidad para los problemas cotidianos.

**Cuestión 9. ¿Crees que esta forma de resolver los problemas te puede ser útil para resolver problemas de otras asignaturas como los de matemáticas o los de Física y Química de esta misma asignatura?**

En la siguiente gráfica de barras (Ilustración 31) se muestra el número de las valoraciones de los alumnos para esta cuestión 9.



Nivel de valoración entre “poco” (1) y “mucho” (5)

**ILUSTRACIÓN 31.** Número de alumnos por niveles de valoración de la Cuestión 9 del cuestionario de satisfacción sobre la MRPI.

Los alumnos, en general, consideran que esta forma de resolver los problemas les pueda ayudar a resolver problemas de otras asignaturas de ciencias, incluso algunas opiniones hacen referencia a la plantilla y su utilidad:

*Ya sabes cómo empezar a analizarlo para llegar a la solución. (GEXP-A24-MRPI-P9)*

*Seguro que lo entiendes mejor. (GEXP-A18-MRPI-P9)*

*Mucha, porque todo tiene cierta relación, ya que las ciencias naturales (Física, Química) son matemáticas. (GEXP-A28-MRPI-P9)*

*Porque la forma de resolver los problemas es muy ordenada y el problema es más fácil de entender. (GEXP-A27-MRPI-P9)*

*Siguiendo los mismos pasos de la plantilla. (GEXP-A17-MRPI-P9)*

*Yo creo que podría ser muy útil. (GEXP-A19-MRPI-P9)*

*Porque la hoja no decía: "Esta hoja es de Naturales". Sirve para todo. (GEXP-A07-MRPI-P9)*

*Sí, te ayuda a tener todo más ordenado y seguir los puntos en orden. (GEXP-A08-MRPI-P9)*

*A veces puede que sí. (GEXP-A02-MRPI-P9)*

*Yo pienso que a lo mejor. (GEXP-A11-MRPI-P9)*

*Sí, porque se parecen mucho. (GEXP-A06-MRPI-P9)*

*Sí, sería muy útil en las otras asignaturas. (GEXP-A04-MRPI-P9)*

*Porque en otras asignaturas puede entrar más de lo mismo, y si ya lo he hecho me será más fácil. (GEXP-A23-MRPI-P9)*

Sin embargo, otros creen que no les puede servir:

*No, porque todos van de ecología. (GEXP-A10-MRPI-P9)*

*No mucho. (GEXP-A26-MRPI-P9)*

Otros aclaran en qué ciencias creen que les resultará útil:

*A lo mejor en Física y Química, pero en otras puede... bueno es probable que no, bueno no sé. (GEXP-A03-MRPI-P9)*

*Yo creo que en las matemáticas no y en los de Física y Química sí. (GEXP-A01-MRPI-P9)*

*El de las vacas me ayuda mucho con la regla de tres compuesta. (GEXP-A09-MRPI-P9)*

*Los de esta misma asignatura sí. (GEXP-A05-MRPI-P9)*

*Porque los de mates no creo, porque los resolvería de otra forma, pero los de Física y Química puede que sí me serviría. (GEXP-A22-MRPI-P9)*

*No veo la utilidad de ecología en matemáticas, por ejemplo. (GEXP-A21-MRPI-P9)*

*Para las matemáticas sí, porque en algunos problemas hay que hacer unas cuentas, pero con Física y Química no lo sé. (GEXP-A14-MRPI-P9)*

Por último, el análisis de esta cuestión sobre si esta forma de trabajar resolviendo las situaciones problemáticas les puede ayudar en otras asignaturas de ciencias, con el 67,8% de valoraciones más favorables frente al 10,7% con valoraciones más desfavorables, se puede concluir que en relación a la ecología una importante proporción de alumnos reconoce que la MRPI les puede ayudar frente a un pequeño grupo que opina lo contrario. Valores semejantes se obtienen en las investigaciones en el ámbito de Física y Química, pero en Biología las opiniones favorables son algo menores, del 27%.

Tras este pormenorizado análisis de los datos obtenidos en el cuestionario de valoración sobre la MRPI de los alumnos del GEXP, y tras extraer información de los comentarios y reflexiones de los alumnos en relación con las potencialidades de la MRPI empleada en la UD sobre ecología, se puede llegar a un conjunto de reflexiones e implicaciones didácticas en el marco de la resolución de problemas. En general, los alumnos:

- Reconocen un interés importante por la metodología MRPI, ya que les ha ayudado a estructurar la resolución de las situaciones problemáticas permitiéndoles indagar y comprender mejor los conceptos de ecología. Es decir, son resultados acordes con los existentes en la bibliografía sobre resolución de problemas en el reconocimiento de aspectos metacognitivos referidos al control para planificar la resolución de los problemas propios, ser capaz de supervisar el propio progreso y evaluar si se han conseguido los objetivos (Schoenfeld, 1985 en Hmelo-Silver, 2004; Huffman, Lawemz, & Minger, 1997).
- Manifiestan tener mayor confianza, gracias a la MRPI, ante la resolución de problemas de ecología y de otras ciencias.
- Perciben como positivo el aprendizaje de los procedimientos de la MRPI y su posible transposición a la resolución de problemas de otras asignaturas de ciencias. Resultados semejantes obtuvieron otros investigadores respecto a la transferencia a otras materias de los aprendizajes en resolución de problemas (Salomon & Perkins, 1989; Mercedes Aznar & Ibáñez, 2004; Ge, Planas & Er, 2010; Bárcena, 2015).

- Valoran de forma negativa, en general, el uso de la MRPI para ayudarles en la resolución de problemas de la vida cotidiana. No obstante, sí ven su utilidad para este tipo de problemas. Este aspecto también es citado por Vernon & Blake, (1993) al constatar que los alumnos no encuentran en la metodología de resolución de problemas aplicaciones para los problemas de su vida diaria.

Además, en sus comentarios se reconocen diferentes aspectos que están relacionados con la resolución de problemas a través de métodos indagativos como la MRPI.

Respecto a la percepción que tienen de su propia capacidad para la resolución de problemas debido al aprendizaje que han realizado:

- Se pone de manifiesto el desarrollo de destrezas metacognitivas en relación a las ventajas de la metodología de resolución de problemas como investigación: reconocen su utilidad, comprenden las características de sus fases y saben utilizarla. Wong & Day (2009) extraen conclusiones similares.
- Expresan ideas relacionadas con el andamiaje del aprendizaje. Reconocen que la resolución por pasos o fases les guía y favorece la propia resolución. En este sentido Huffman, Lawrenz & Minger (1997) y Hmelo-Silver, Duncan & Chinn (2007) aportan conclusiones semejantes.
- Manifiestan tener mayor capacidad para la resolución de otros problemas que aparecen en el libro de texto, los cuales suelen ser de tipo ejercicios cuyo diseño es mucho más dirigido y cerrado en su resolución. Es decir, se favorece la transferencia de conocimientos entre campos como sugieren Salomon & Perkins (1989) en sus estudios.
- Opinan, incluso, aprender sin estudiar porque lo han aprendido resolviendo las situaciones problemáticas. Este aspecto del aprendizaje basado en problemas también aparece en Ibáñez (2003, p.505) cuando el alumno 15 declara: “...*en poco tiempo he aprendido muchas cosas casi sin estudiar nada*”.

Algunos alumnos, no obstante, encuentran dificultades para su aprendizaje en este tipo de metodologías:

- Aunque depende de la percepción de cada estudiante, argumentan la falta de tiempo o la dificultad de los problemas. Estas suelen ser quejas generales en metodologías de resolución de problemas (Prince & Felder, 2007).
- La mayoría de alumnos están satisfechos con el aprendizaje basado en problemas, pero hay algunos estudiantes que prefieren la forma normal de trabajar en el aula. En otras investigaciones los alumnos se niegan a cambiar su método de aprendizaje o no les gusta trabajar en grupos cooperativos (Hmelo-Silver, 2004), mientras que otros prefieren la forma normal de trabajar argumentando que el aprendizaje mediante resolución de problemas es una pérdida de tiempo (Chin & Chia, 2006).

En relación a la motivación que les ha generado esta forma de trabajar sobre la forma de aprender, al clima de aula y al trabajo en equipo:

- Se muestran de acuerdo con un mayor dominio en la resolución de los problemas y se les intuye mayor motivación, lo que implica una mejor predisposición y facilidad hacia el aprendizaje. Resultados semejantes se encuentran también en la bibliografía (Huffman, Lawemz & Minger, 1997).
- Reconocen que esta metodología de resolución de problemas favorece su motivación hacia la ciencia y su estudio. Los alumnos están más motivados cuando comprueban lo que están aprendiendo y cuando su actividad educativa conlleva tareas significativas (Huffman, Lawemz & Minger, 1997; Ferrari & Mahalingham, 1998).
- Descubren en el aprendizaje basado en problemas una fuente de motivación debido al fomento de un clima de aula más ameno como condición favorable para favorecer el aprendizaje, aspecto que también destacan Wong & Day (2009) en sus investigaciones.
- Declaran la importancia del aprendizaje en grupo como factor que lo potencia. La función del grupo es particularmente importante, porque afecta a los resultados de aprendizaje y a la motivación intrínseca (Schmidt & Moust, 2000).

Acerca de la figura y rol del profesor durante la resolución de los problemas:

- En general, reconocen la importancia del profesor como guía para la resolución de las situaciones problemáticas. Este rol es esencial en la MRPI y, por supuesto, en el aprendizaje basado en problemas. Ya la bibliografía pone el énfasis en la figura del profesor como facilitador del aprendizaje (Hmelo-Silver, 2004; Savery, 2006; Chin & Chia, 2006; Ge, Planas & Er, 2010; Jonassen, 2011)

Por tanto, con estos resultados relacionados con el grado de satisfacción del GEXP respecto a la MRPI se puede dar respuesta al quinto interrogante:

**Los alumnos del GEXP, que han trabajado con la MRPI, reconocen satisfacción con la metodología y la enseñanza-aprendizaje a través de ella, así como su utilidad para transferir sus procedimientos a otras asignaturas, aunque sólo un quinto de la muestra la creen útil para su aplicación a situaciones de la vida cotidiana.**

#### **4.6. Interrogante sexto sobre el posible condicionamiento de la actitud del GEXP frente a la MRPI originada por sus logros de aprendizaje**

En base a las opiniones de los alumnos recogidas en la encuesta surge la última pregunta: “¿La satisfacción de los alumnos del GEXP con el aprendizaje realizado a través de la MRPI podría estar condicionada por sus resultados académicos?” Para dar respuesta a esta pregunta se contrasta la hipótesis (H<sub>3</sub>):

<b>Hipótesis 3 (H<sub>3</sub>)</b>
“Los alumnos del GEXP que manifiestan satisfacción favorable hacia la metodología de trabajo no están condicionados por sus buenos resultados en el aprendizaje de contenidos conceptuales sobre ecología”

La hipótesis nula del estadístico es que “no existen diferencias significativas en las puntuaciones finales de la P.F.1 entre los subgrupos del GEXP de alta y baja satisfacción en el cuestionario sobre la MRPI” frente a la hipótesis alternativa de que sí existen estas diferencias a favor del subgrupo del GEXP de más alta satisfacción.

El análisis que se realiza con estos datos es de tipo cuantitativo mediante el test de la U de Mann-Whitney. Para ello se divide todo el GEXP en dos subgrupos, de igual tamaño, al 50%. El primer subgrupo se configura con los alumnos que seleccionan las mejores valoraciones respecto a la MRPI (alumnos con más alta satisfacción) hasta completar la mitad de la muestra, mientras que el otro subgrupo, con la otra mitad de la muestra, incluiría a todos los alumnos que seleccionan las peores valoraciones (alumnos con más baja satisfacción). Una vez creados los dos subgrupos se comparan respecto a sus resultados en las preguntas de la P.F.1 (Tabla 23).

<b>P.F.1</b>	<b>U de Mann-Whitney</b>
Pregunta 1	U= 98,000; p=1,000
Pregunta 2b	U=90,500; p=0,700
Pregunta 2d	U=85,000; p=0,524
Pregunta 3a	U=90,000; p=0,581
Pregunta 3b	U=94,000; p=0,816
Pregunta 4	U=71,000; p=0,181
Pregunta 6	U=90,500; p=0,684

**TABLA 22.** Resultados de la relación entre el nivel de satisfacción con la MRPI y los resultados obtenidos por los alumnos en la P.F.1. Los valores indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ).

Como se observa, para todas las preguntas de P.F.1 se confirma la hipótesis nula de no existencia de diferencias significativas entre los dos subgrupos. Es decir, los alumnos no están condicionados por sus resultados académicos para expresar una satisfacción alta o baja respecto a la MRPI. Así para la hipótesis H<sub>3</sub> y en respuesta a este sexto interrogante se puede alegar que:

**La satisfacción positiva, manifestada por los alumnos del GEXP que han trabajado con la MRPI, no se relaciona con los resultados de los aprendizajes conceptuales obtenidos en la prueba final P.F.1.**

## **CAPÍTULO 5**

**¿Qué conclusiones se han extraído  
y qué implicaciones didácticas  
sugieren?**





En este capítulo, una vez respondidos los interrogantes que han orientado esta investigación, se presenta una síntesis de las conclusiones obtenidas, tanto para el profesor-investigador como para los alumnos. Como consecuencia, se recogen un conjunto de reflexiones finales, con las implicaciones didácticas que sugieren los resultados, las aportaciones realizadas al campo de conocimiento de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, unas propuestas de mejora de la investigación desarrollada y por último, se plantean perspectivas de futuro para posibles investigaciones que derivan de este estudio.

Asumido un enfoque constructivista del proceso de enseñanza-aprendizaje, los objetivos de esta investigación eran promover el cambio conceptual de los alumnos relacionado con el aprendizaje de conocimientos de ecología y lograr el aprendizaje de procedimientos de la Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI), estrategias propias de la actividad científica para la resolución de problemas. Es decir, conseguir que los alumnos adquirieran un nivel óptimo de competencia científica. Además, se deseaba investigar las ventajas del aprendizaje originado por esta metodología frente a los métodos de enseñanza más habituales en las aulas.

Para ello, se diseña la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas” de acuerdo con el currículo oficial de Ciencias de la Naturaleza para el nivel de 2º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO). Esta propuesta didáctica, tiene la particularidad de estar configurada en base a un conjunto de situaciones problemáticas sobre ecología y para su implementación se ha seguido la MRPI, un método indagativo de enseñanza-aprendizaje basado en problemas que cumple con todos los presupuestos metodológicos que caracterizan estas metodologías.

Posteriormente, se desarrolla y evalúa la propuesta didáctica en un contexto real de aula, en un instituto público de la Comunidad de Madrid. Se comparan los resultados del aprendizaje obtenidos por un grupo experimental (GEXP) que ha trabajado mediante la MRPI con los alcanzados por otro grupo de control (GCON) que ha seguido una metodología más tradicional en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Todo este estudio se estructura en seis interrogantes. Algunos de ellos se abordaron mediante estudios descriptivos, mientras que otros se concretaron en hipótesis que han sido contrastadas por medio de diferentes análisis estadísticos. Éstos se han realizado a partir de los resultados obtenidos en la resolución que hacen los alumnos del conjunto de situaciones problemáticas que constituyen la UD y los diferentes cuestionarios de evaluación (P.I., P.F.1, P.F.2 y Cuestionario MRPI) que se diseñaron para esta investigación o se adaptaron de otras.

A continuación se presentan las conclusiones de este estudio.

## **5.1. Conclusiones**

El conjunto de conclusiones extraídas de este estudio se presentan siguiendo el mismo orden de los interrogantes planteados.

### **Primer interrogante**

En relación a la igualdad de conocimientos de partida sobre ecología o lo que es lo mismo, a la homogeneidad entre las muestras de alumnos al inicio de la investigación, se puede concluir que:

- Las muestras de alumnos de los GEXP y GCON son estadísticamente significativas en cuanto a los conocimientos sobre los conceptos previos de ecología (respiración, suelo y descomponedores, ecología, ecosistema, medio ambiente y cadenas tróficas) antes de iniciar todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto era de esperar pues se ha trabajado en un mismo centro educativo con grupos estándar de alumnos como los que se pueden encontrar en cualquier instituto público. En ambos grupos un porcentaje reducido de los alumnos responden adecuadamente a las opciones relacionadas con los conceptos de respiración (0% GEXP y 31% GCON) y de descomposición (21% GEXP y 32% GCON), a diferencia del mayor número de ellos que eligen las respuestas correctas del concepto de medio ambiente (78% GEXP y 79% GCON). Por otra parte, en torno al 50-60% de ambos grupos responden de forma adecuada a los conceptos de ecosistema, ecología y cadenas tróficas.

### **Segundo interrogante**

Sobre el aprendizaje de procedimientos o dimensiones de la competencia científica presentes en la MRPI, alcanzados por los alumnos del GEXP durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, se extraen las siguientes conclusiones:

- Los alumnos evolucionan de forma creciente en su aprendizaje de procedimientos, alcanzando niveles medios de resolución altos en todas las dimensiones competenciales: análisis cualitativo (DC1), emisión de hipótesis (DC2), diseño de estrategias de resolución (DC3), resolución de la situación problemática (DC4) y análisis de resultados (DC5).
- Los niveles de competencia más elevados se obtienen en el análisis cualitativo de los problemas (DC1) seguido de la formulación de hipótesis (DC2), aunque con altibajos dependientes de la situación problemática y a continuación, con niveles similares, el diseño de estrategias de resolución (DC3), la resolución del problema (DC4) y el análisis de resultados (DC5).
- Las dimensiones competenciales que más evolucionan con la práctica de la MRPI a lo largo de la secuencia de problemas son la DC5, de forma muy marcada, y la DC4.

Según todo lo expuesto, se puede decir, que los alumnos de 2º de ESO que han constituido el GEXP se han beneficiado del trabajo con la MRPI, un tipo de metodología de educación basada en la resolución de problemas, alcanzando niveles óptimos de competencia científica. Estos resultados permiten apoyar los encontrados en otras investigaciones, tanto del grupo de investigación como fuera de él. Por tanto, se puede considerar que la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas”, implementada

mediante la MRPI, es un buen recurso para orientar el aprendizaje de procedimientos para alumnos de 2º de ESO.

### **Tercer interrogante**

Respecto a la comparación del aprendizaje de procedimientos entre el GEXP y el GCON para la resolución de problemas habituales de ecología en el nivel de 2º ESO, las conclusiones que se derivan del estudio son:

- La resolución de los problemas habituales de ecología, sobre la comprensión y manejo de las cadenas y redes tróficas, es realizada por los alumnos del grupo experimental de forma estadísticamente significativa, desarrollando capacidades más completas y elaboradas que los alumnos del grupo control que han aprendido por medio de una metodología más tradicional.

En síntesis, la metodología basada en problemas con la que trabajan los alumnos del GEXP, al favorecer su aprendizaje de las dimensiones de la competencia científica, les permite afrontar los problemas habituales de ecología de una forma más metódica y completa. Por el contrario, una enseñanza centrada en el aprendizaje de conceptos, más propia de metodologías de corte tradicional como las utilizadas en el GCON, no parece que logren promover un desarrollo similar de la competencia científica.

### **Cuarto interrogante**

Esta pregunta hacía referencia al aprendizaje de conceptos o cambio conceptual conseguido por el GEXP, su comparación con el aprendizaje logrado por el GCON, y el estudio de su persistencia en el tiempo. La investigación ha permitido obtener algunas conclusiones de interés:

- Las dos muestras de alumnos del estudio, GEXP y GCON, al finalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje obtienen aprendizajes conceptuales similares, sin observarse diferencias estadísticamente significativas, en relación a los contenidos de ecología abarcados (“ecosistema”, “factores abióticos”, “niveles tróficos”, “flujo de energía”, “ciclo de materia” y “biomasa”).
- El cambio conceptual relacionado con las “cadenas tróficas” es estadísticamente significativo a favor del GEXP.
- La persistencia en el tiempo del cambio conceptual sobre los conocimientos en ecología es estadísticamente significativa a favor de la muestra de alumnos del GEXP, debido al aprendizaje de la MRPI, siendo los conceptos de “ciclo de materia y flujo de energía” los únicos que en este grupo sufren un retroceso en los resultados.
- En términos comparativos, la persistencia en el tiempo del cambio conceptual experimentado, es estadísticamente significativa a favor del GEXP, para 5 de los 6 conceptos analizados, frente al GCON que sólo persiste en el concepto y comprensión de las “cadenas tróficas”.

En definitiva, los alumnos del GEXP han realizado un cambio conceptual en relación a los conocimientos sobre ecología mediante su metodología de trabajo con la MRPI, al igual que los alumnos del GCON con una metodología más tradicional, pero la persistencia en el tiempo de este cambio conceptual es mayor en el GEXP que en GCON.

Según lo expuesto, la MRPI como propuesta para la enseñanza basada en la resolución de problemas, sale reforzada como una metodología útil y adecuada para el aprendizaje de conceptos en ecología potenciando, además, un mejor aprendizaje como demuestra su mayor persistencia en el tiempo pasados 6 meses tras la finalización del proceso de enseñanza-aprendizaje.

### **Quinto interrogante**

La siguiente pregunta, relacionada con la valoración y grado de satisfacción que los alumnos del GEXP expresan hacia la MRPI como metodología de enseñanza-aprendizaje, permite concluir que los alumnos:

- Reconocen tener un mayor dominio en la resolución de problemas gracias a los pasos o fases de la MRPI que les guía y favorece la propia resolución de las situaciones problemáticas.
- Manifiestan satisfacción hacia la metodología y la enseñanza-aprendizaje a través de ella, así como motivación hacia la ciencia y su estudio. Dicen que despierta su interés en la resolución de las situaciones problemáticas permitiéndoles indagar y comprender mejor los conceptos de ecología. Declaran que fomenta un clima de aula más ameno.
- Además, creen que sus procedimientos se pueden transferir a otras asignaturas, aunque sólo un quinto de la muestra la creen útil para su aplicación a situaciones de la vida cotidiana.
- Manifiestan mayor capacidad para la resolución de problemas verdaderos frente a problemas tipo ejercicios, cuyo diseño es mucho más dirigido y cerrado en su resolución. Declaran tener mayor confianza, gracias a la MRPI, ante la resolución de problemas de ecología y de otras ciencias.
- Reflejan capacidades metacognitivas al ser conscientes de la utilidad de la metodología y al indicar que la comprenden y saben utilizarla. Algunos expresan, incluso, que aprenden sin estudiar porque han aprendido resolviendo las situaciones problemáticas.
- Declaran la importancia del trabajo en grupo como factor que potencia y genera un adecuado clima de clase para el aprendizaje.
- Dependiendo de la percepción de cada alumno, algunos argumentan sobre la falta de tiempo para la resolución de los problemas o sobre la dificultad de los mismos.

- Reconocen la importancia del profesor como guía para la resolución de las situaciones problemáticas.

Como se ha podido constatar, los alumnos manifiestan un alto grado de satisfacción en relación a las características y uso de la MRPI, mostrando autoconfianza en los procesos de resolución de problemas, pero tienen dudas respecto a la transferencia de la MRPI para resolver problemas en otras asignaturas y en la vida cotidiana.

### **Sexto interrogante**

El último interrogante cuestiona la posible relación entre el grado de satisfacción, valoración positiva o negativa, hacia la MRPI de los alumnos del GEXP con sus resultados académicos, llegándose a las siguientes conclusiones:

- No se ha encontrado relación estadísticamente significativa entre el grado de satisfacción del GEXP con la MRPI y la obtención de resultados más o menos positivos en sus aprendizajes sobre ecología.
- Los alumnos no están condicionados por sus resultados en el aprendizaje de conceptos para valorar positivamente las virtudes y potencialidades de la MRPI como una metodología de utilidad para su proceso de enseñanza-aprendizaje.

Tras dar respuesta a los seis interrogantes de este estudio y en base a su finalidad inicial, se puede concluir de forma general que queda demostrado que:

*A través de la resolución de situaciones problemáticas de ecología mediante la Metodología de Resolución de Problemas por Investigación (MRPI), como metodología indagativa basada en la educación a través de la resolución de problemas, los alumnos de 2º de ESO del grupo experimental logran aprendizajes conceptuales estadísticamente significativos en ecología, iguales que los alcanzados por alumnos que siguen una metodología de enseñanza más tradicional, pero éstos son más persistentes en el tiempo que los realizados por los alumnos del grupo control. Además, construyen aprendizajes en las diferentes dimensiones competenciales de la MRPI y una valoración positiva hacia la propia metodología de resolución de problemas.*

La MRPI se reafirma como una metodología de gran potencial para favorecer en los estudiantes un aprendizaje flexible, eficaz y autónomo a la vez que contribuye al desarrollo de la competencia científica fomentando un conjunto de habilidades propias del trabajo científico.

La UD “Materia y Energía en los Ecosistemas”, centrada en un conjunto de situaciones problemáticas abiertas, se considera apropiada al nivel de 2º de ESO y útil para abordar sus contenidos conceptuales de ecología.

## **5.2. Contribución de esta investigación a la Didáctica de las Ciencias Experimentales**

Este estudio contribuye al desarrollo teórico de la Didáctica de las Ciencias en diferentes aspectos:

- Proporciona datos empíricos sobre la utilidad de las situaciones problemáticas contextualizadas para la construcción de conocimientos de ecología, al nivel de 2º de ESO, y para favorecer el desarrollo de la competencia científica en sus diferentes dimensiones competenciales, incluyendo los aspectos más explicativos y descriptivos de la resolución de los problemas.
- Refuerza la valía de la MRPI como metodología de aula activa y cercana al trabajo que se realiza en ciencia, ya que la resolución de las diferentes situaciones problemáticas en grupos cooperativos proporciona una imagen más real y próxima del trabajo de los científicos.
- Amplía la validez de la MRPI al ámbito de la ecología, sumándose así a otras investigaciones sobre el cambio conceptual, de procedimientos y actitudes desarrolladas en las últimas décadas en los ámbitos de la Física, la Química y la Biología, y contribuyendo al desarrollo de las metodologías de enseñanza basada en la resolución de problemas.
- Constata la buena acogida de la MRPI por parte de los alumnos, reduciéndose las dificultades implícitas en las metodologías de resolución de problemas y motivando hacia el aprendizaje.
- Proporciona materiales de aula, recursos y pautas de evaluación que pueden ser utilizados directamente en las aulas escolares y/o en programas de desarrollo profesional del profesorado por su implicación en acciones de innovación educativa dentro del paradigma de investigación-acción y por estar acorde con los presupuestos actuales sobre la mejora de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y, por tanto, de la calidad educativa.

## **5.3. Implicaciones didácticas y propuestas de mejora**

A la hora de reflejar las implicaciones didácticas que para la práctica docente pueden tener los resultados y conclusiones de esta investigación en la enseñanza de la ecología en la asignatura de Ciencias de la Naturaleza, hay que centrarse en la evolución positiva del alumnado que se ha detectado en el aprendizaje de conocimientos científicos, de la competencia científica y de su satisfacción con la MRPI.

En síntesis, se puede concluir que esta investigación aporta un modelo de metodología, la MRPI, enmarcada en las metodologías de resolución de problemas, que tiene aspectos educativos de gran potencialidad e interés para emplear al servicio del

aprendizaje de los alumnos en conocimientos y procedimientos de la ecología y de la competencia científica, a la vez que favorece su motivación y un buen clima en el aula.

Las implicaciones didácticas que se sugieren, a partir de los resultados de este trabajo, son una aportación más a las propuestas de actuación en el aula de "cómo enseñar" que se realizan desde marcos teóricos constructivistas sobre cómo aprenden los estudiantes. Dentro de la enseñanza de las ciencias la resolución de problemas es una actividad esencial y característica de estas disciplinas, por ello las investigaciones en didáctica sobre metodologías basadas en este tipo de actividades han sido numerosas (Gabel, 1994).

La MRPI aplicada a la enseñanza de la ecología permite, al igual que en otras disciplinas, que los estudiantes reestructuren sus conocimientos, produciéndose un cambio conceptual y un aprendizaje de procedimientos. Por lo tanto, el trabajo de resolución de situaciones problemáticas, aporta a la enseñanza de la ecología una forma alternativa y más productiva de abordar sus contenidos. El trabajo con esta metodología debería estar presente en la enseñanza de esta disciplina puesto que, al igual que en otras, la construcción de su cuerpo de conocimientos surge de la resolución de problemas verdaderos. Esta propuesta nos llevaría a plantear una revisión de los procedimientos con los que se trabaja el currículo de Biología de forma que incluya, a través de la resolución de problemas, una visión de la misma más cercana a la epistemología actual.

Por medio de esta investigación, salvando las diferencias en los contenidos de las distintas disciplinas de ciencias, la MRPI se ve reforzada como una metodología potente a la hora de conseguir los aprendizajes tan deseados dentro de la enseñanza, que sin duda se ven complementados por el trabajo en grupos cooperativos. Por ello, se considera oportuno probar su aplicación en la enseñanza de otras ciencias. Además, el interés de los alumnos hacia esta forma de trabajo es muy alto porque incide en aspectos metacognitivos como permitir que ellos sean conscientes del aprendizaje realizado y su utilidad, así como favorecer su autoconfianza para resolver otros problemas.

Toda la investigación realizada y los resultados obtenidos han permitido al profesor-investigador extraer conclusiones de interés sobre la enseñanza-aprendizaje con la MRPI de la UD "Materia y Energía en los Ecosistemas".

- Los resultados obtenidos en la Prueba Inicial (P.I.) permiten extraer ciertas reflexiones de interés para conocer algunos aspectos del conocimiento del alumnado antes de comenzar la UD de ecología, pues las cuestiones planteadas abordan conceptos de necesario y adecuado conocimiento para poder entender otros contenidos del tema. Por tanto, se ha comprobado la utilidad de la P.I. para reconocer aquellos contenidos no entendidos o entendidos de manera errónea o incompleta por el alumnado, y que deben ser abordados previamente para evitar problemas posteriores. En conclusión, se cumplen bastantes de las ideas extraídas de la bibliografía sobre concepciones alternativas para el alumnado comprendido en estas edades. Por ello se recomienda el tratamiento previo de los contenidos a los que se refiere la P.I. para tratar de favorecer el cambio conceptual en el alumnado que posea ideas erróneas o incompletas sobre dichos



contenidos, así como afianzar la idea correcta en aquellos que ya la posean. Sin duda se ganará tiempo para la comprensión posterior de otros contenidos y se evitarán aprendizajes sobre bases conceptuales inadecuadas.

- Inicialmente, debido a la falta de entrenamiento del alumnado y a su poca experiencia, los grupos absorben mucho y no se da abasto. Todos quieren tener al profesor en su grupo para ser guiados. Algunos grupos quedan insatisfechos con la atención recibida durante alguna de las sesiones de aula. Deben comprender, tanto el profesor como los alumnos, que la atención se intenta realizar de forma equilibrada entre los grupos y que con un poco de paciencia el profesor llegará a todos.
- Surgen dificultades cuando todo el grupo sufre roces, olvidos de materiales, ausencia de alumnos (enfermedad u otras causas), decisión de no ayudar de algún componente, etc. Estos problemas son conocidos en cualquier actividad que implique a un grupo de personas, pero necesarios en un contexto escolar para potenciar situaciones reales de aprendizaje para la vida adulta. Por supuesto, si algún alumno o grupo no trabaja y no participa en la dinámica del aula deberá realizar otro tipo de tarea diferente que no dificulte el trabajo al resto de alumnos.
- En el análisis cualitativo de las situaciones problemáticas, muchos alumnos no se sienten seguros de sus ideas y cambian fácilmente de opinión. En este sentido, los agrupamientos entre iguales son muy beneficiosos porque los alumnos reconocen diferentes formas de pensar, de explicar sus ideas, de defender sus creencias, de criticar ideas que no les parezcan consistentes, etc. La secuencia de situaciones problemáticas también permite reconocer una mejoría en estas capacidades comunicativas.
- Además, en este nivel de 2º de ESO les cuesta mucho entender en qué consiste "reformular" el problema en la dimensión competencial del análisis cualitativo. Aunque es costoso el esfuerzo invertido, a lo largo de la secuencia de situaciones problemáticas van comprendiendo que un problema abierto es poco manejable y deben tomar decisiones y restricciones que les permita acotar el problema que finalmente abordarán.
- Al principio del proceso de entrenamiento se ha comprobado que los alumnos de estas edades suelen confundir las hipótesis con soluciones y conclusiones. Sin embargo, a lo largo del desarrollo de las diferentes situaciones problemáticas se va comprobando que mejoran en su aprendizaje de los procedimientos y van distinguiendo cada vez mejor las diferentes dimensiones competenciales.
- En un primer momento, al no poder realizar experimentos reales, no encuentran sentido a la dimensión competencial de resolución de la situación problemática. Les cuesta entender que la búsqueda de información es una manera más de resolver los problemas. No obstante, por medio de la propuesta didáctica realizada terminan comprendiendo sin problemas que esta forma de resolución es tan válida como otras.


- Aunque la satisfacción con la MRPI ha sido alta, para algunos grupos de alumnos la secuencia de las cinco situaciones problemáticas de ecología ha sido larga y complicada de realizar debido a las necesidades de agrupamiento fuera del aula para concluir las memorias de resolución. Las dos sesiones de aula sí son suficientes para su resolución, si el tiempo lo aprovechan convenientemente, pero como la configuración de la memoria deben realizarla en sus casas se complica cuando están trabajando en equipo. Este factor actualmente se puede subsanar con las herramientas digitales (TIC) y el trabajo cooperativo a través de Internet.
- No obstante, hay grupos que no aprovechan bien las dos sesiones de clase. Invierten el tiempo hablando sin llegar a concretar y avanzar en la resolución de las situaciones problemáticas, aunque algunos grupos sí recuperan ese tiempo en sus casas. Estas situaciones escolares son habituales y conocidas por el profesorado y para la que hoy por hoy no se pueden aportar soluciones creativas desde esta investigación.
- Siempre queda la sensación de que se podrían haber aprovechado más las opiniones de los pequeños grupos para todo el grupo-aula. Se trata de hacerles reflexionar sobre la importancia de la contribución al gran grupo de los intereses comunes, aunque cada grupo investigue cosas diferentes de la misma situación problemática. A pesar de ello, la conciencia del profesor debe quedar tranquila si se atiende a los criterios de atención a la diversidad y a los propios requerimientos de la MRPI de evitar dar información excesiva para algunos grupos a los que no les ha surgido la necesidad de determinada información.
- A los alumnos les cuesta entregar los trabajos a tiempo y de forma ordenada. Para ello se requieren normas y plazos de entrega estrictos, con ligeros cambios según las circunstancias del contexto escolar.
- Los alumnos contestan con mayor facilidad a cuestiones de opción múltiple cuyos ítems están preseleccionados, como se demuestra en la P.I. y en P.F.2, lo que lleva a reflexionar sobre el interés que hubiese tenido elaborar la P.F.1 (examen) con este tipo de preguntas. Si hubiese sido así las comparaciones y análisis se podrían haber realizado de manera mucho más exacta, pero seguramente no se habría extraído toda la información recogida en dicha prueba ni de la manera en que se ha obtenido. No obstante, queda la duda de si una P.F.1 de opción múltiple hubiese registrado otro tipo de resultados.
- Las situaciones problemáticas que se presentan en esta investigación para abordar los conocimientos de la UD de ecología en 2º de ESO, como se incluyen en el Anexo IV, se han resuelto al nivel de conocimientos que teóricamente podrían alcanzar estos alumnos. No obstante, el diferente nivel de resolución al que llegue cada alumno o grupo de alumnos está perfectamente enmarcado en una metodología como la MRPI que tiene enormes potencialidades para la atención a la diversidad del alumnado.

- El periodo de entrenamiento en la MRPI del GEXP se considera que ha sido suficiente para que los resultados plasmen fielmente las potencialidades de la MRPI. Sin embargo, debido a sus beneficios formativos y educativos se recomienda utilizar la MRPI durante todas las etapas educativas desde Primaria, así el continuo entrenamiento permitirá una mejor evolución a lo largo del proceso educativo.
- Al inicio de la investigación el profesor-investigador se planteaba unos interrogantes respecto a si realmente los alumnos aprenderían los conocimientos que se pretendían trabajar con cada situación problemática, y, sobre la propia MRPI. Los resultados obtenidos y las conclusiones extraídas en este estudio aclaran las dudas sobre las potencialidades de esta metodología.
- La MRPI se convierte en una metodología muy adecuada, aparte del desarrollo de la competencia científica, para el desarrollo de capacidades para el trabajo en equipo (su evolución, sus problemas, etc.), la elaboración de trabajos o memorias de resolución (verbalización, presentación, limpieza, apartados, etc.) y la mejora de la autonomía en la resolución de problemas.

Respecto a posibles propuestas de mejora en todo el proceso de enseñanza-aprendizaje, en base a la investigación realizada con los alumnos, se pueden aportar algunas sugerencias sobre las diferentes pruebas o el proceso de implementación de la secuencia de situaciones problemáticas:

- La plantilla de resolución de situaciones problemáticas ha resultado algo complicada para el alumnado de estas edades por lo que una propuesta de mejora sería simplificarla con el fin de que sea más operativa para ellos. Se propone una nueva plantilla en la Ilustración 40 en el Anexo VI.
- En la P.I., para aumentar su valor inestimable como prueba diagnóstica, una mejora de interés sería disponer en cada cuestión de un espacio en blanco que permita a los alumnos exponer aclaraciones en cada cuestión. En el Anexo VI, en la Ilustración 41, se propone al profesorado una P.I. con un ligero arreglo en la sexta pregunta, se introduce una opción más de respuesta, aunque no se añade el espacio en blanco propuesto por una cuestión de espacio.
- La P.F.1, aunque fue diseñada por la profesora del GCON por razones metodológicas de la investigación, se propone ampliarla añadiendo todas las preguntas de la P.I. para favorecer el análisis de la evolución en el aprendizaje de dichos conceptos.
- La P.F.2 se ha considerado necesaria reestructurarla y se aporta una nueva propuesta en la Ilustración 42 en el Anexo VI. Se eliminan algunas preguntas y se mejoran otras para intentar recoger información relevante del conocimiento de los alumnos.
- Aunque las situaciones problemáticas empleadas en la UD de ecología se han reconocido como válidas y no se ha considerado conveniente cambiarlas o

reestructurarlas, se cree que sería oportuno modificar su secuencia de implementación en el aula (Ilustración 32). Se propone comenzar la unidad por la situación problemática en la que se pide a los alumnos crear un pequeño espacio en el que puedan vivir diferentes especies (Situación problemática 2 de la UD), seguida de la cadena trófica de la procesionaria y el cuco (Situación problemática 3 de la UD) y, a continuación, la del cálculo de las vacas que puede mantener un prado (Situación problemática 4 de la UD). Finalmente, se abordarían en su orden las situaciones problemáticas del Águila Imperial Ibérica (Situación problemática 0 y 1 de la UD). El objetivo es comenzar el estudio del concepto ecosistema desde los pequeños ambientes conocidos y controlados que se pueden diseñar en nuestros hogares para ir ampliando la visión hacia ecosistemas cercanos, pero cada vez un poco más amplios y alejados, llegando finalmente al estudio de otros ecosistemas y biomas en los que se podría considerar que viviese el Águila Imperial Ibérica.

<b>SECUENCIA DE PROPUESTA DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS</b>	
<p align="center"><b><u>Situación Problemática 1</u></b>  <b>¿Qué habría que tener en cuenta para diseñar un pequeño espacio en el que poder observar individuos vivos de diferentes especies?</b></p>	
<p align="center"> <b><u>Situación Problemática 2</u></b>            PINO → PROCESIONARIA → CUCO → HALCÓN    <b>BACTERIAS Y HONGOS</b>  <b>Observa la secuencia de alimentación: ¿qué sucedería al resto de especies si una enfermedad afecta a los cucos haciéndolos desaparecer?</b> </p>	
<p align="center"><b><u>Situación Problemática 3</u></b>  <b>¿Cuántas vacas puede mantener un prado?</b>            (Luffiego y Rabadán, 2000,482)</p>	
<p align="center"><b><u>Situación Problemática 4</u></b>  <b>Imagina que eres el responsable de un espacio natural y descubres que van muriendo muchos individuos de la misma población de Águila Imperial Ibérica. ¿Cómo actuarías?</b></p>	
<p align="center"><b><u>Situación Problemática 5</u></b>  <b>¿Podría vivir el Águila Imperial Ibérica en otro ecosistema?</b></p>	

**ILUSTRACIÓN 32.** Nueva propuesta de secuencia de las situaciones problemáticas.

- Una ampliación y profundización en esta investigación se podría haber conseguido con un análisis individual de las opiniones de una muestra de

alumnos mediante entrevistas individuales. Un modelo de guion de las preguntas que podría incluir se encuentra en el Anexo VI en la Ilustración 43.

- Otra propuesta sería una rúbrica que permita la evaluación y calificación de los diferentes apartados de la resolución de las situaciones problemáticas, ver la Ilustración 44 del Anexo VI. Se ha usado con éxito por el profesor-investigador en el ámbito escolar, así como para la auto-evaluación de los grupos y la evaluación de los grupos de alumnos entre sí.

La última y más importante sugerencia o propuesta de mejora para el profesorado es que la MRPI se trata de una metodología de enseñanza-aprendizaje de competencias esenciales en la educación de los estudiantes y, aunque requiere un proceso de entrenamiento del profesor y de los alumnos, debería ser una práctica docente habitual en todos los niveles educativos y ser considerada e incluida en los programas de formación inicial y en el desarrollo profesional de los docentes.

#### **5.4. Reflexiones finales**

Aparte de las conclusiones extraídas en este estudio, se quieren destacar algunas reflexiones finales del profesor-investigador surgidas durante esta investigación:

- Resaltar el interés que ha suscitado en el profesor-investigador la importancia que supone el uso conjunto de técnicas cuantitativas y descriptivas para el análisis de las informaciones y datos recogidos de las diferentes producciones de los alumnos. Es evidente que, al margen de los tiempos necesarios para este tipo de investigaciones, es enriquecedor evaluar y conocer de una forma más profunda las consecuencias reales que tienen las actuaciones de los profesores en las aulas, más allá de la calificación de los alumnos para los boletines de notas escolares.
- Mencionar que en él se despierta la curiosidad y necesidad de profundizar en resultados ya existentes en la literatura científica para consolidar y ampliar el conocimiento que sobre la MRPI se está desarrollando en los últimos tiempos, así como en otras metodologías que puedan ser implementadas en las aulas.
- Destacar también que en él ha aumentado su inquietud por continuar en el diseño y elaboración de materiales didácticos mediante la MRPI para que se conviertan en un material curricular útil y validado para su uso en el aula, tanto para la UD de ecología como para otras UD de 2º de ESO y otros niveles educativos.

Por tanto, en lo que respecta a la introducción del profesor-investigador en el campo de investigación de la Resolución de Situaciones Problemáticas como Investigación se ha cumplido con creces. No sólo ha permitido comprobar la validez y utilidad de la MRPI para abordar contenidos de ecología, consiguiendo resultados esperanzadores, sino que ha proporcionado la capacidad de "diseñar y elaborar" situaciones problemáticas apropiadas, con todo lo que lleva consigo, para cumplir los objetivos del currículo escolar. Todos estos aspectos llenan de satisfacción y despiertan la ilusión y el interés por continuar por estos derroteros.

## 5.5. Perspectivas de futuro

La resolución del problema inicial de esta investigación enunciado en términos de finalidad, junto con las reflexiones extraídas anteriormente, derivan en nuevos problemas o inquietudes que sugieren ser indagadas en futuros trabajos de investigación. En concreto y para un futuro próximo se desea:

- Reproducir esta investigación en 2º de ESO con una muestra mayor de alumnos aplicando las propuestas de mejora y utilizando todos los aprendizajes y conclusiones extraídos de este estudio.
- Implementar la propuesta de esta investigación junto con las TIC para investigar si ambas metodologías se complementan y potencian el aprendizaje de los estudiantes.
- Profundizar mediante entrevistas individuales en las opiniones, reflexiones y argumentos de los alumnos sobre la MRPI, sus actitudes científicas y sus aprendizajes alcanzados a través de ella.
- Investigar de forma pormenorizada la argumentación y el tipo de reflexiones que los alumnos realizan durante el proceso de resolución de las situaciones problemáticas dentro de los grupos cooperativos.
- Diseñar nuevas situaciones problemáticas de ecología para ampliar la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas” con el objetivo de aumentar su utilidad para niveles superiores de enseñanza secundaria.
- Elaborar situaciones problemáticas de unidades didácticas que trabajen otros contenidos de Biología y Geología en todos los niveles de ESO y Bachillerato, como el realizado por el profesor-investigador en Geología de 1º de Bachillerato (Rosa Novalbos & Martínez Aznar, 2014a).

La MRPI se ha convertido en una práctica habitual del profesor-investigador en contenidos de Ciencias Naturales (Física, Química, Biología, Geología y ecología) en los diferentes niveles educativos de la ESO y Bachillerato.

En la actualidad está implementando la UD de ecología “Materia y Energía en los Ecosistemas” junto con las TIC en 2º ESO. Además, trabaja con los alumnos en la elaboración de proyectos junto con las TIC para averiguar sus potencialidades en el aprendizaje (Rosa Novalbos & Martínez Aznar, en prensa y 2014b).



## **BIBLIOGRAFÍA**





Abd-El-Khalick, F.; Boujaoude, S.; Duschl, R.; Lederman, N.G.; Mamlok-Naaman R.; Hofstein, A.; Treagust, D. & Tuan, H-L. (2004). Inquiry in Science Education: International perspective. *Science Education*, 88, 397-419.

Agencia de Medio Ambiente. (1995). *Conservación del Águila Imperial Ibérica en la Comunidad de Madrid*. Madrid: Agencia de Medio Ambiente.

Albanese, M.A. & Mitchell, S. (1993). Problem-based learning: A review of literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*, 68 (1), 52-81.

Alcalde, A.; Fernández, B.; Gómez, J.M<sup>a</sup>. & Méndez, M<sup>a</sup>.J. (1999). *Darwin. Biología y Geología. Cuarto de Educación Secundaria*. Madrid: SM.

Aliberas, J.; Gutiérrez, R. & Izquierdo, M. (1989). Modelos de aprendizaje en la didáctica de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 9, 17-24.

Álvarez, E. & Garcés, F. (2000). *El Águila Imperial Ibérica*. Madrid: Grefa-BCH.

Amos, E. (1998). Problem-based learning. *Nurse Educator*, 23, 11-14.

Anderson, R.D. (2002). Reforming science teaching: what research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13 (1), 1-12.

Asghar, A.; Ellington, R.; Rice, E.; Johnson, F. & Prime, G.M. (2012). Supporting STEM Education in Secondary Science Contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 6 (2), 85-125.

Astolfi, J.P. (1986). Approach didactique de quelques aspects du concept d'écosystème. Introduction. *Aster*, 3, 11-18.

Astudillo, H. & Gene, A. M. (1984). Errores conceptuales en biología. La fotosíntesis de las plantas verdes. *Enseñanza de las ciencias*, 2 (1), 15-16.

Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rhinehart & Winston. (Trad. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo* (1976). México: Trillas).

Azer, S. (2001). Problem-based learning. *Saudi Medical Journal*, 22, 389-397.

Azer, S. A.; Mclean, M.; Onishi, H.; Tagawa, M. & Scherpbier, A. (2013). Cracks in problem-based learning: What is your action plan? *Medical Teacher*, 35 (10), 806-814.

Balibrea, S.; Álvarez, A.; Sáez, A.; Reyes, M. & Correa, J. (2003). *Biología y Geología. Ciencias de la Naturaleza de Cuarto de Educación Secundaria*. Madrid: Anaya.

Bárcena, A.I. (2015). *Estudio de la influencia de una metodología investigativa de resolución de problemas en el aprendizaje de la Química en alumnos de bachillerato*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense, Madrid.

Barr, R.B. & Tagg, J. (1995). From teaching to learning—a new paradigm for undergraduate education. *Change*, Nov-Dec, 13-25.

Barrio, J.; Bermúdez, M<sup>a</sup>.L.; Faure, A. & Gómez, M<sup>a</sup>.F. (2003). *Proyecto Exedra. Ciencias de la Naturaleza. Segundo de Educación Secundaria*. Navarra: Oxford Educación.

Barron, B.J.S. (2002). Achieving coordination in collaborative problem-solving groups. *Journal of the Learning Sciences*, 9, 403-437.

Barrows, H.S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20 (6), 481-486.

Barrows, H.S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: a brief overview. En Hung, W., Jonassen, D.H. & Liu, R. (2008). *Problem-Based Learning*. En Spector, J.M.; Merrill, M. D.; Van Merriënboer, J. & Driscoll, M.P. *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. NY: Taylor & Francis.

Barrows, H.S. (2000). *Problem-Based Learning Applied to Medical Education*. Southern Illinois University Press, Springfield.

Barrows, H.S. (2002). Is it Truly Possible to Have Such a Thing as dPBL? *Distance Education*, 23 (1), 119-122.

Barrows, H.S. & Tamblyn, R. (1980). *Problem-Based Learning: an approach to medical education*. New York: Springer.

Bassok, M. (2003). Analogical transfer in problem solving. In J.E. Davidson & R.J. Sternberg (Eds.), *The psychology of problem solving*, 343-369. New York: Cambridge University Press.

BBC. (2001). *Vídeo: Viaje a las profundidades. Serie Planeta Azul*. Gran Bretaña: BBC.

Begon, M.; Harper, J.L. & Townsend, C.R. (1988). *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Barcelona: Ediciones Omega.

Belland, B.R.; French, B.F. & Ertmer, P.A. (2009). Validity and Problem-Based Learning Research: A Review of Instruments Used to Assess Intended Learning Outcomes. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 3 (1), 59-89.

Bembenutty, H.; Cleary, T.J. & Kitsantas, A. (Eds.) (2013). *Applications of self-regulated learning across diverse disciplines: A tribute to Barry J. Zimmerman*. Charlotte, NC: Information Age Publishing.

Berges, T.; Carrión, F.; Gil, C. & Martínez, J. (1996). *Biología y Geología. Cuarto de Educación Secundaria*. Barcelona: Anaya.

Berges, T.; Carrión, F. & Gil, C. (2001). *Biología y Geología. Cuarto de Educación Secundaria*. Madrid: Anaya.

Berkson, L. (1993). Problem-based learning: Have the expectations been met? *Academy Medical*, 68 (10 Suppl), 79-88.

Bermúdez, G. & De Longhi, A.L. (2005). *De la ingenuidad a la maestría. Niveles y dimensiones de la comprensión de cuestiones ecológicas en la escuela media*. Ponencia en el Tercer Encuentro de Investigadores en Didáctica de la Biología. 9 y 10 de diciembre. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Bermúdez, G. & De Longhi, A.L. (2006). Propuesta curricular de hipótesis de progresión para conceptos estructurantes de ecología. *Campo Abierto*, 26 (2), 13-38.

Berzal, M. & Barberá, O. (1993). Ideas sobre el concepto biológico de población. *Enseñanza de las ciencias*, 11 (2), 149-159.

Boyano Sánchez, F.J. (2000). El Teñido. Problema abierto para el ámbito científico-tecnológico. *Cuadernos de Pedagogía*, 293, 87-89.

Boyes, E. & Stanisstreer, M. (1992). *Students' perceptions of global warming*. Liverpool: University of Liverpool.

Bransford, J.D.; Brown, L. & Cocking, R. (2000). *How People Learn*. Washington, DC: The National Academies Press.

Bransford, J.D. & McCarrell, N.S. (1977). A sketch of a cognitive approach to comprehension: Some thoughts about understanding what it means to comprehend. In Johnson-Laird, P. N. & Wason, P. C. (eds.), *Thinking: Readings in Cognitive Science*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 377-399.

Bransford, J.D.; Vye, N.; Kinzer, C. & Risko, R. (1990). Teaching thinking and content knowledge: Toward an integrated approach. In Jones, B. F. & Idol, L. (eds.), *Dimensions of Thinking and Cognitive Instruction*, Erlbaum, Hillsdale, NJ, 381-413.

Bravo Torija, B. & Jiménez Aleixandre, M.P. (2014). Articulación del uso de pruebas y el modelo de flujo de energía en los ecosistemas en argumentos de alumnado de Bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*, 32 (3), 425-442.

Bright, A. & Stinchfield, H. (2005). *Assessment of Public Knowledge, Values and Attitudes toward Biodiversity and Sustainable Forestry*. Final Report to the National Commission on Science for Sustainable Forestry. NCSSF Workshop in Portland, 15 June.

Brody, M.J. (1991). Understanding of pollution among 4 th, 8 th and 11 th grade students. *Journal of environmental education*, 22 (2), 24-33.

Brown, J.S.; Collins, A. & Duguid, P. (1991). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 32-42.

Byers, A. & Fitzgerald, M.A. (2002). Networking for leadership, inquiry, and systemic thinking: a new approach to inquiry-based learning. *Journal of Science Education and Technology*, 1 (11), 94-128.

Caballer, M<sup>a</sup>. J.; Giménez, I. & Madrid, A. (1993). *Ecosistemas y Cambios*. Valencia: M.E.C.

Cadenas, C. & Huertas, F. J. (2013). Informe PISA en España. Un análisis al detalle. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 17 (2), 243-262.

Cañal de León, P. (2004). La alfabetización científica: ¿necesidad o utopía? *C&E: Cultura y educación*, 16 (3), 245-258.

Capon, N. & Kuhn, D. (2004). What's so good about problem-based learning? *Cognition and Instruction*, 22, 61-79.

Carey, S.; Evans, R.; Honda, M.; Jay, E. & Unger, C. (1989). 'An experiment is when you try it and see if it works': A study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, special issue, 514-529.

Cariaga-Lo, L. & Encarson, C. (2001). Influence of curriculum type on student performance in the United States Medical Licensing Examination step 1 and step 2 exams: Problem-based learning vs. lecture based curriculum. *Medical Education*, 35, 1050-1055.

Carmen, L. & Pedrinaci, E. (1995). *Biología y Geología. Cuarto de Educación Secundaria*. Madrid: SM.

Castillo, A.; García-Ruvalcaba, S. & Martínez, L.M. (2002). Environmental education as facilitator of the use of ecological information: a case study in Mexico. *Environmental Education Research*, 8 (4) November 01, 395-411.

Charrier, M.; Cañal, P. & Rodrigo, M. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: Una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las ciencias*, 24 (3), 401-410.

Chevallard, Y. (1985). *Le transposité didactique*. Trad. cast. *La transposición didáctica*. Aiqué.

Chi, M.T.H.; Bassok, M.; Lewis, M.; Reimann, P. & Glaser, R. (1989). Self-Explanations: How Students Study and Use Examples in Learning to Solve Problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.

- Chi, M.T.H.; Feltovich, P. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive. Science.* 5, 121-152.
- Chi, M.T.H. & Glaser, R. (1985). Problem solving ability. In R. J. Sternberg (Ed.), *Humanabilities: An information processing approach*. New York: W. H. Freeman.
- Chi, M.T.H. & Glaser, R. (1986). Capacidad de resolución de problemas. En: Sternberg, J. *Las capacidades humanas: un enfoque desde el procesamiento de la información*. Labor, Barcelona.
- Chi, M.T.H.; Leeuw, N.; Chiu, M. & Lavancher, C. (1994). Eliciting Self-Explanations Improves Understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.
- Chi, M.T.H.; Roy, M. & Hausmann, R.G. (2008). Observing tutorial dialogues collaboratively: Insights about human tutoring effectiveness from vicarious learning. *Cognitive Science*, 32 (2), 301-341.
- Chiappetta, E. & Koballa, T. (2006). *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools: Developing Fundamental Knowledge and Skills for Teaching*, 6th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Merrill Prentice Hall.
- Chin, C. & Chia, L. G. (2004). Problem-based learning: Using student's questions to drive knowledge construction. *Science Education*, 88 (5), 707-727.
- Chin, C. & Chia, L. (2006). Problem-Based Learning: Using III-Structured Problems in Biology Project Work. *Wiley Periodicals, Inc. Sci*, 90, 44-67.
- Chinery, M. (1983). *Fauna y flora de Europa. Guía de campo básica*. Barcelona: Blume.
- Chinery, M. (1989). *Guía práctica ilustrada para los amantes de la naturaleza*. Barcelona: Blume.
- Club Internacional del Libro. (1993). *El gran álbum de los animales*. Madrid: Club Internacional del Libro. De Wildlife Education, Ltd and John Bonnett Wexo. (1981).
- Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1997). *The Jasper Project: Lessons in curriculum, instruction, assessment, and professional development*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, E.G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64, 1-35.
- Colás, M<sup>a</sup>.P. & Buendía, L. (1998). *Investigación Educativa*. Sevilla: Alfar.
- Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science Scope*, 23 (6), 42-44.

- Collins, A.; Brown, J.S. & Newman, S.E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In Resnick, L.B. (ed.), *Knowing, Learning and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser*, Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Colliver, J. (2000). Effectiveness of problem-based learning curricula: research and theory. *Academic Medicine*, 75, 259-266.
- Correa, N.; Cubero, R. & García, J.E. (1994). *Construcción y desarrollo de nociones sobre el medio ambiente*. En Rodrigo, M.J. *Contexto y desarrollo social*. Madrid: Síntesis.
- Correa, N. & Rodrigo, M.J. (2001). El cambio de perspectiva conceptual en las teorías implícitas sobre el medio ambiente. *Infancia y aprendizaje*, 24 (4), 461-474.
- Correig, T.M.; Grau, R. & Manuel, J. (1998). *Biología y Geología. Cuarto de Educación Secundaria*. Barcelona: Teide.
- Crusellas, A.M.; Escudé-Cofiner, M.J.; Porredón, P. & Vallvé, M.E. (1996). *La especie humana y la ecosfera*. Barcelona: Almadraba.
- Dabbagh, N. & Dass, S. (2013). Case problems for problem based pedagogical approaches: A comparative analysis. *Computers & Education*, 64, 161-174.
- Deci, E.L. & Ryan, R.M. (2000). The ‘what’ and ‘Why’ of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11 (4), 227-268.
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*, Macmillan, New York.
- Dochy, F.; Segers, M.; Van den Bossche, P. & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13, 533-568.
- Dolmans, D.H.J.M.; Gijsselaers, W.H.; Schmidt, H.G. & van der Meer, S.B. (1993). Problem effectiveness in a course using problem-based learning. *Academic Medicine*, 68 (3), 207-213.
- Domin, D.S. (2007). Students’ perceptions of when conceptual development occurs during laboratory instruction. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (2), 140-152.
- Doubleday, A.F.; Brown, B.; Patston, P.A.; Jurgens-Toepke, P.; Strotman, M.D.; Koerber, A.; Haley, C.; Briggs, C. & Knight, G.W. (2015). Social Constructivism and Case-Writing for an Integrated Curriculum. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 9 (1), 44-57.
- Dougherty, R.C.; Bower, C.W.; Berger, T.; Rees, W.; Mellon, E.K. & Pulliam, E. (1995). Cooperative learning and enhanced communication: Effects on student performance, retention, and attitudes in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 72, 793-797.

Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 6 (2), 109-120.

Driver, R.; Asoko, H.; Leach, J.; Mortimer, E. & Scott, P. (1994) Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23 (7), 5-12.

Driver, R.; Guesne, E. & Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y adolescencia*. Madrid: M.E.C.-Morata.

Driver, R. & Oldham, V. (1986). *A constructivist approach to curriculum development in science*. Trad. cast. en Porlán, R.; García, J. E. & Cañal, P. (1988). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada.

Drummond-Young, M. & Mohide, E.A. (2001). Developing problems for use in problem-based learning. In E. Rideout. *Transforming Nursing Education Through Problem-Based Learning*. Boston, MA: Jones and Bartlett.

Duch, B.J. (2001). Writing problems for deeper understanding. In B. Duch, S.E. Groh & D.E. Allen. *The Power of Problem-Based Learning: A Practical 'How To' for Teaching Undergraduate Courses in Any Discipline*. Sterling, VA: Stylus Publishing.

Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning, *International Journal of Science Education*, 25 (6), 671-688.

Durantel, P. (1999). *La caza en su entorno natural*. Colonia: Könemann.

Edmondson, K.M. (1994). Concept maps and the development of cases for problem-based learning. *Academic Medicine*, 69 (2), 108-110.

English, M.C. & Kitsantas, A. (2013). Supporting Student Self-Regulated Learning in Problem- and Project-Based Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 7 (2), 128-150.

Ertmer, P.A. & Simons, K.D. (2006). Jumping the PBL Implementation Hurdle: Supporting the Efforts of K–12 Teachers. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1 (1), 40-54.

España, J.A.; López, V.; Morales, J.V. & Arribas, C. (1995). *Biología y Geología. Cuarto de Educación Secundaria*. Zaragoza: Edelvives.

Fernández, R. & Casal, M. (1995). La enseñanza de la Ecología. Un objetivo de la Educación Ambiental. *Enseñanza de las ciencias*, 13 (3), 295-311.

Fernández, I.; Gil, D.; Carrascosa, J.; Cachapuz, A. & Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 20 (3), 477-488.



Ferrari, M. & Mahalingham, R. (1998). Personal cognitive development and its implications for teaching and learning. *Educ. Psychol.* 33, 35-44.

Ferrer, J. (1981). *El gran libro de la pesca. (Trad. Le grand livre de la peche)*. Barcelona: Plaza y Janés.

Finch, P.M. (1999). The effect of problem based learning on the academic performance of students studying podiatric medicine in Ontario. *Medical Education*, 33, 411-417.

Francis, C.; Boyes, E.; Qualter, A. & Stanisstreer, M. (1992). *Ideas of elementary students about reducing the "greenhouse effects"*. Liverpool: University of Liverpool.

Gabel, C. (1999). *Using case studies to teach science*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston.

Gabel, D.L. (1994). *Handbook of research on Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan Publishing Company.

Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 4 (1), 30-35.

Gagné, R. (1985). *The Conditions of Learning*. New York: Holt.

Gándara, M.; Gil, M.J. & Sanmartí, N. (2002). Del modelo científico de "adaptación biológica" al modelo de "adaptación biológica" en los libros de texto de enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las ciencias*, 20 (2), 303-314.

García, A.M. (1991). Estudio llevado a cabo sobre representaciones de la respiración celular en los alumnos de Bachillerato y C.O.U. *Enseñanza de las ciencias*, 9 (2), 129-134.

García, J.E. (1988). *Fundamentos para la construcción de un modelo sistémico del aula*. En Porlán, R.; García, J. E. & Cañal, P. (1988). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada.

García, J.E. (1992). El estudio de los ecosistemas. *Cuadernos de pedagogía*, 209, 18-21.

García, J.E. (1995). La transición desde un pensamiento simple hacia un pensamiento complejo en la construcción del conocimiento escolar. *Investigación en la escuela*, 27, 7-20.

García, J.E. (1997). *Fundamentación teórica de la educación ambiental: una reflexión desde las perspectivas del constructivismo y de la complejidad*. En Barbadillo, F.J. (1999). *30 reflexiones sobre educación ambiental*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.

García, J.E. (2002). Los problemas de la educación ambiental: ¿Es posible una educación ambiental integradora? *Investigación en la escuela*, 46, 5-25

- García, J.E. (2003). Investigando el ecosistema. *Investigación en la Escuela*, 51, 83-100.
- García, J.E. & García, F.F. (1992). *Orientaciones didácticas para la educación ambiental en la educación secundaria*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- García Zaforas, A.M. (1991). Estudio llevado a cabo sobre las representaciones de la respiración celular en los estudiantes de bachillerato y COU. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (2), 129-134.
- Ge, X.; Planas, L.G. & Er, N. (2010). A Cognitive Support System to Scaffold Students' Problem-based Learning in a Web-based Learning Environment. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 4 (1), 30-56.
- Germann, P.J.; Aram, R.; Odom, A.L. & Burke, G. (1996). Student performance on asking questions, identifying variables, and formulating hypotheses. *School Science and Mathematics*, 96 (4), 192-201.
- Gick, M.L. & Holyoak, K.J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306-355.
- Gijbels, D., Dochy, F., Van den Bossche, D. & Segers, M. (2005). Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment. *Review of Educational Research*, 75 (1), 27-61.
- Gil, D. (1989). La globalización de las ciencias. ¿Necesidad o peligro? *Cuadernos de pedagogía*, 172, 42-44.
- Gil, D. & Carrascosa, J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7 (3), 231-236.
- Gil, D. & Martínez-Torregrosa, J. (1983). A model for problem-solving with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5 (4), 447-455.
- Gil, D. & Martínez-Torregrosa, J. (1986). La resolución de problemas como instrumento de cambio metodológico. *Educación Abierta*, 66, 31-59.
- Gil Pérez, D.; Gavidia Catalán, V.; Sanmartí Puig, N.; Caamaño Ros, A.; Albadejo Marcet, C.; Jiménez Aleixandre, M.P.; Barral, F.M.L. & Otero Gutierrez, L. (1993). *Propuestas de secuencia. Ciencias de la naturaleza*. Madrid: Editorial Escuela Española.
- Giordán, A. (1987). Los conceptos de biología adquiridos en el proceso de aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias*, 5 (2), 105-110.
- González del Solar, R. & Marone, L. (2001). The "freezing" of science: consequences of the dogmatic teaching of Ecology. *BioScience*, 51 (8), 683-686.

González López-Valcárcel, B. (1991). *Análisis multivariante y aplicación al ámbito sanitario*. Madrid: SG Editores.

Greeno, J. (1978). Natures of problem-solving abilities. In W. Estes (Ed.), *Handbook of learning and cognitive processes*, 5. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Groves, F.H. & Pough, A.F. (2002). Cognitive illusions as hindrances to learning complex environmental issues. *Journal of Science Education and Technology*, 11, 381-390.

Gyllenpalm, J.; Wickman P. & Holmgren S. (2010). Secondary science teachers' selective traditions and examples of inquiry-oriented approaches. *Nordina*, 6 (1), 44-60.

Hammann, M.; Phan, T.T.H.; Ehmer, M. & Grimm, T. (2008). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42 (2), 66-72.

Harling, K. & Misser, E. (1998). Case-writing: An art and a science. *International Food and Agribusiness Management Review*, 1 (1), 119-138.

Helgeson, S.L. (1994). Research on problem solving: Middle School. En D. L. Gabel (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. MacMillan Publishing Company: New York.

Heller, P.; Keith, R. & Anderson, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. *American Journal of Physics*, 60 (7), 627-636.

Hendry, G.D.; Frommer, M. & Walker, R.A. (1999). Constructivism and problem-based learning. *Journal of Further and Higher Education*, 23, 359-371.

Hernández, F. (2006). El informe PISA: una oportunidad para replantear el sentido de aprender en secundaria. *Revista de Educación*, extraordinario, 357-379.

Hmelo, C.E. (1998). Cognitive consequences of PBL for the early development of medical expertise. *Teaching and Learning in Medicine*, 10, 92-100.

Hmelo, C.E. & Ferrari, M. (1997). The problem-based learning tutorial: Cultivating higherorder thinking skills. *J. Educ. Gifted* 20, 401-422.

Hmelo, C.E. & Lin, X. (2000). The development of self-directed learning strategies in problem-based learning. In Evensen, D. & Hmelo, C.E. (eds.). *Problem-Based Learning: Research Perspectives on Learning Interactions*, Erlbaum, Mahwah, NJ.

Hmelo-Silver, C.E. (2002). Collaborative ways of knowing: Issues in facilitation. In Stahl, G. (ed.), *Proceedings of CSCL 2002*, Erlbaum, Hillsdale, NJ.

Hmelo-Silver, C.E. (2004). Problem based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16 (3), 235-266.

Hmelo-Silver, C.E. (2012). International Perspectives on Problem-based Learning: Contexts, Cultures, Challenges, and Adaptations. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 6 (1), 10-15.

Hmelo-Silver, C.E. & Barrows, H.S. (2006). Goals and strategies of a problem-based learning facilitator. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1 (1), 21-39.

Hmelo-Silver, C.E.; Duncan, R.G. & Chinn, C.A. (2007). Scaffolding and achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42 (2), 99-107.

Hogan, K. (2000). Assessing students' systems reasoning in ecology. *Journal of Biological Education*, 35 (1), 22-28.

Hogan, K. (2002). Small groups' ecological reasoning while making an environmental management decision. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (4), 341-368.

Honebein, P.C.; Duffy, T.M. & Fishman, B.J. (1993). *Constructivism and the design of learning environments: Context and authentic activities for learning*. In T. Duffy, J. Lowyck, & D. Jonassen (Eds.), *Designing environments for constructivist learning*. Berlin: Springer-Verlag.

Huffman, D.; Lawemz, F. & Minger, M. (1997). Within-class analysis of ninth-grade science students' perceptions of the learning environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (8), 791-804

Hung, W. (2006). The 3C3R model: a conceptual framework for designing problems in PBL. *Interdiscip. J. Problem-Based Learn*, 1 (1), 55-77.

Hung, W. (2009). The 9-step problem design process for problem-based learning: Application of the 3C3R model. *Educational Research Review*, 4 (2), 118-141.

Hung, W.; Jonassen, D.H. & Liu, R. (2008). Problem-Based Learning. En Spector, J.M.; Merrill, M. D.; Van Merriënboer, J. & Driscoll, M.P. *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. NY: Taylor & Francis.

Hunter, L.M. & Brehm, J. (2003). Qualitative insight into public knowledge of, and concern with biodiversity. *Human Ecology*, 31 (2), 309-320.

Ibáñez, M<sup>a</sup>.T. (2003). *Aplicación de una metodología de resolución de problemas como una investigación para el desarrollo de un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en el currículo de Biología de Educación Secundaria*. Tesis Doctoral. Universidad complutense. Madrid.

Ibáñez, M<sup>a</sup>.T & Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (2005). Solving problems in genetics (II): Conceptual change. *International Journal of Science Education*, 27 (12), 1495-1519.

Ibáñez Orcajo, M<sup>a</sup>.T. & Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (2007). Solving problems in genetics (III): Change in the view of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 29 (6), 747-769.

Ibáñez Orcajo, M<sup>a</sup>.T. & Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (2006). *Las actitudes relacionadas con la ciencia y la resolución de situaciones problemáticas en genética*. XXI Encuentros sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales. San Sebastián.

Ibarra Murillo, J. & Gil Quítez, M.J. (2005). Enseñar los cambios ecológicos en la secundaria: un reto en la transposición didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (3), 345-356.

INEE. (2013a). *PISA 2012. Programa para la evaluación internacional de los alumnos. Informe español. Volumen I: Resultados y contexto*. Madrid: MECD.

INEE. (2013b). *PISA 2012. Programa para la evaluación internacional de los alumnos. Informe español. Volumen II: Análisis secundario*. Madrid: MECD.

INEE. (2014). Los resultados españoles en la resolución de problemas de la prueba PISA 2012. *Boletín de educación Educaínee*, 31.

Ireland, J.; Watters, J.; Brownlee, J.L. & Lupton, M. (2014). Approaches to Inquiry Teaching: Elementary teacher's perspectives. *International Journal of Science Education*, 36 (10), 1733-1750.

Jiménez Aleixandre, M.P. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las ciencias*, 9 (3), 248-256.

Jiménez Aleixandre, M.P. (2003). La enseñanza y el aprendizaje de la biología. En M.P. Jiménez Aleixandre (Coord.); A. Caamaño; A. Oñorbe; A. Pedrinaci & A. de Pro, *Enseñar ciencias*. Barcelona: Grao.

Jiménez Aleixandre, M.P. (2010). *10 Ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.

Jiménez Aleixandre, M.P. & Bravo Torija, B. (2014). Articulación del uso de pruebas y el modelo de flujo de energía en los ecosistemas en argumentos de alumnado de bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*, 32 (3), 43-52.

Jiménez Aleixandre, M.P. & Erduran, S. (2008). Argumentation in science education: an overview. En S. Erduran & M.P. Jiménez Alexandre (eds.). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer.

Johnson, D.W. & Johnson, R.T. (2008). Social interdependence, moral character, and moral education. In J. Nucci & D. Narvaez (Eds.). *Handbook on moral and character education*. Mahwah, NJ: Erlbaum Associates.

Jonassen, D.H. (1997) Instructional Design Models for Well-Structured and Ill-Structured Problem-Solving Learning Outcomes. *Educational Technology, Research and Development*, 45 (1), 656-694.

Jonassen, D.H. (2000). Toward a Design Theory of Problem Solving. *Educational Technology Research and Development*, 48 (4), 63-85.

Jonassen, D.H. (2011). Supporting Problem Solving in PBL. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 5 (2), 95-119.

Jonassen, D.H. & Hung, W. (2008). All Problems are Not Equal: Implications for Problem-Based Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 2 (2), 6-28.

Jones, M.T. & Eick, C.J. (2007). Providing Bottom-Up Support to Middle School Science Teachers' Reform Efforts in Using Inquiry-Based Kits. *Journal of Science Teacher Education*, 18, 913-934.

Jorba, J. & Sanmartí, N. (1997). *La evaluación como instrumento para mejorar el proceso de aprendizaje de las ciencias*. En Carmen, L. (Coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. nº 9 Barcelona: I.C.E.- Horsori.

Kagan, N. (1980). Influencing human interaction: Eighteen years with IPR. In A. K. Hess (Ed.), *Psychotherapy supervision: Theory, research, and practice*. Toronto, ON: John Wiley.

Kelson, A.C. & Distlehort, L.H. (2000). Groups in problem-based learning (PBL): Essential elements in theory and practice. In D.H. Evensen & C.E. Hmelo (Eds.), *Problem-based learning: A research perspective on learning interactions*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Kemp, S. (2011). *Constructivism and Problem-based Learning*. Learning Academy.

Keys, C.W. & Bryan, L.A. (2001). Co-Constructing Inquiry-Based Science with Teachers: Essential Research for Lasting Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (6), 631-645.

Kilpatrick, W.H. (1918). "The Project Method." *Teachers College Record* 19 (4), 319-335.

Kirschner, P.A.; Sweller, J. & Clark, R.E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75-86.

Kitchner, K.S. (1983). Cognition, metacognition and epistemic cognition: A three-level model of cognitive processing. *Human Development*, 26, 222-232.

Kolodner, J.L.; Hmelo, C.E. & Narayanan, N.H. (1996). Problem-based Learning Meets Case-based Reasoning in the Middle-School Science Classroom: Putting Learning by Design into Practice. In D.C. Edelson & E.A. Domeshek (Eds.) *Proceedings of ICLS '96*, Charlottesville, VA: AACE.

Korfiatis, K. (2005). Environmental education and the science of ecology: exploration of an uneasy relationship. *Environmental Education Research*, 11 (2), 235-248.

Koschmann, T.; Myers, A.C.; Feltovich, P.J. & Barrows, H.S. (1994). Using technology to assist in realizing effective learning and instruction: A principled approach to the use of computers in collaborative learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 3, 227-264.

Kuhn, D. (2005). *Education for thinking*. Cambridge: Harvard University Press.

Lawson, A.E. (2000). Managing the inquiry classroom; problems and solutions. *The American biology teacher*, 62 (9), 641-648.

Leach, J.; Driver, R.; Scott, O. & Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 2: Ideas found in children aged 5-16 about cycling of matter. *International Journal of Science Education*, 18, 129-141.

Lehman, J.D.; George, M.; Buchanan, P. & Rush, M. (2006). Preparing teachers to use problem-centred, inquiry-based science. *The interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1 (1), 76-99.

Lemke, J.L. (1990). *Talking science: Language, learning and values*. Norwood, NJ: Ablex.

Lewis, M. & Méndez, M. (1998). *Química I. Repasa con esquemas*. Madrid: Oxford Educación.

Limón, M. & Mason, L. (Eds). (2002). *Reconsidering Conceptual Change*. Dordrecht: Kluwer.

Linn, M.C.; Bell, P. & Davis, E.A. (2004). *Internet environments for science education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

Luffiego, M. & Rabadán, J. M. (2000). La evolución del concepto de Sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 18 (3), 473-486.

MAB. (2001). *Estrategia para la conservación del Águila Imperial Ibérica (Aquila adalberti) en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.

Magnussen, L.; Ishida, D. & Itano, J. (2000). The impact of the use of inquiry-based learning as a teaching methodology on the development of critical thinking. *Journal of Nursing Education*, 39 (8), 360-364.

- Manuel, J. & Grau, R. (1996). Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 7, 53-63.
- Marcén, C.; Fernández, R. & Hueto, A. (2002). ¿Se pueden modificar algunas actitudes de los adolescentes frente a las basuras? *Investigación en la escuela*, 46, 63-77.
- Margalef, R. (1991). *Ecología*. Barcelona: Omega.
- Mariano, L. (1989). Biología, ecología y conservación del Águila Imperial Ibérica. *Quercus*, 43, 4-15.
- Marshall, J.C. & Smart, J.B. (2013). Teachers' transformation to inquiry-based instructional practice. *Creative Education*, 4 (2), 132-142.
- Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (1990). Perspectivas sobre tipos y resolución de problemas. *Actas de las VII Jornadas de estudio sobre la Investigación en la Escuela*, Sevilla, 38-44.
- Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (2006). La energía una “idea” que nos envuelve y que podemos investigar resolviendo situaciones problemáticas. En *Descubrir, Investigar, Experimentar: Iniciación a las Ciencias*. MEC.
- Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. & Bárcena Martín, A.I. (2013). Una actividad de indagación en un aula de diversificación: ¿Es beneficioso masticar bien para realizar una buena digestión». *Educació Química*, 14, 19-28.
- Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. & Ibáñez, M<sup>a</sup>.T. (2005). Solving problems in genetics. *International Journal of Science Education*, 27 (1), 101–121.
- Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. & Ibáñez Orcajo, M<sup>a</sup>.T. (2006). Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (2), 193-206.
- Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. & Ovejero Morcillo, P. (1997). Resolver el problema abierto: “Teñir lanas a partir de productos colorantes naturales”. Una actividad investigativa para la enseñanza obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (3), 401-422.
- Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. & Varela Nieto, M<sup>a</sup>.P. (1996). De la resolución de problemas al cambio conceptual. *Investigación en la Escuela*, 28, 69-78.
- Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. & Varela Nieto, M<sup>a</sup>.P. (1997). *Influencia de las Diferencias individuales en la resolución de problemas abiertos de Física*. En J.A. Beltrán (Eds.). *Nuevas perspectivas en la intervención psicopedagógica: I. Aspectos cognitivos, motivacionales y contextuales*. Madrid: Servicio de Publicaciones de la U.C.M.
- Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. & Varela Nieto, M<sup>a</sup>.P. (2002). *Utilización de la metodología investigativa e resolución de problemas en la formación inicial de maestros*. Aplicación



al estudio de la energía. XX Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales. La Laguna.

Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. & Varela, M<sup>a</sup>.P. (2009). La resolución de problemas de energía en la formación inicial de maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 27 (3), 343-360.

Martínez Aznar, M<sup>a</sup> M.; Varela Nieto, M<sup>a</sup>.P.; Barcena Martín, A. I. & Ibáñez Orcajo, M. T. (2001). *Herencia, Biomasa y Energía. Tres campos para investigar resolviendo problemas*. Simposio. VI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Barcelona.

Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M.; Varela, M<sup>a</sup>.P.; Ibáñez, M<sup>a</sup>.T. & Bárcena, A.I. (2001). *Estudio de la influencia en el aprendizaje de los alumnos de educación secundaria de una metodología de investigación para la resolución de problemas aplicados para la enseñanza de la Química y la Biología*. Memoria final CIDE.

McBride, B.B.; Brewer, C.A.; Berkowitz, A.R. & Borrie, W.T. (2013). Environmental literacy, ecological literacy, ecoliteracy: What do we mean and how did we get here? *Ecosphere*, 4(5), art. 67.

McComas, W.F. (2002). The ideal environmental science curriculum: history, rationales, misconceptions and standards. *American Biology Teacher*, 64 (9), 665-672.

McParland, M.; Noble, L.M. & Livingstone, G. (2004). The effectiveness of problem-based learning compared to traditional teaching in undergraduate psychiatry. *Medical Education*, 38 (8), 859-867.

Membiola, P.; Nogueiras, E. & Suárez, M. (1993). Concepciones previas de los estudiantes sobre algunos temas ambientales relacionados con el agua. *Investigación en la escuela*, 20, 81-88.

Miguel, C.A.; Cañizo, A. & Costa, A. (1996). *Biología y Geología. Cuarto de Educación Secundaria*. León: Everest.

MEC. (1990). *Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo (L.O.G.S.E.)*. B.O.E. de 4 de octubre de 1990. <https://www.boe.es/boe/dias/1990/10/04/pdfs/A28927-28942.pdf>

MEC. (1992). *Diseño Curricular Base: Educación Secundaria Obligatoria. Ciencias de la Naturaleza*. MEC.

MEC. (1995). *Ciencias de la Naturaleza*. Madrid: M.E.C.-Edelvives.

MEC. (2000). *Real Decreto 3473/2000, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la educación secundaria obligatoria*. B.O.E. de 29 de diciembre de 2000. <https://www.boe.es/boe/dias/2001/01/16/pdfs/A01810-01858.pdf>

MEC. (2003). *Real Decreto 831/2003, de 27 de junio, por el que se establecen la ordenación general y las enseñanzas comunes de la Educación Secundaria Obligatoria*. B.O.E. de 3 de julio de 2003. <http://www.boe.es/boe/dias/2003/07/03/pdfs/A25683-25743.pdf>

MEC. (2006). *Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (L.O.E.)*. B.O.E. de 4 de mayo de 2006. <https://www.boe.es/boe/dias/2006/05/04/pdfs/A17158-17207.pdf>

MEC. (2007). *Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la educación secundaria obligatoria*. B.O.E. de 5 de enero de 2007. <https://www.boe.es/boe/dias/2007/01/05/pdfs/A00677-00773.pdf>

MECD. (2012). PIRLS-TIMSS 2011 Estudio Internacional de progreso en comprensión lectora, matemáticas y ciencias. Madrid: Gobierno de España.

MECD. (2013). *Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (L.O.M.C.E.)*. B.O.E. de 10 de diciembre de 2013. <http://www.boe.es/boe/dias/2013/12/10/pdfs/BOE-A-2013-12886.pdf>

MECD. (2014). *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*. B.O.E. de 26 de diciembre de 2014. <http://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>

MECD. (2015). *Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato*. B.O.E. de 29 de enero de 2015. <http://www.boe.es/boe/dias/2015/01/29/pdfs/BOE-A-2015-738.pdf>

Mettes, W.; Pilot, A.; Roossink, H.J. & Kramers-Pals, H. (1980). Teaching and Learning Problem solving in Science. Part. I. A general strategy. *Journal of Chemical Education*, 57 (12), 882-885.

Michael, J. (2006). Where's the evidence that active learning works? *Advances in Physiology Education*, 30, 159-167.

Miller, J.R. (2005). Biodiversity conservation and the extinction of experience. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 20 (8), 430-434.

Mintzes, J.; Wandersee, J. & Novak, J. (1998). *Teaching science for understanding: A human constructivist view*. San Diego, CA: Academic Press.

Morín, E. (1990). *Introduction a la pensée complexe*. París: ESPF. Trad.cast.(2001). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.

Moust, J.H.C.; van Berkel, H.J.M. & Schmidt, H.G. (2005). Signs of erosion. Reflection on three decades of Problem-based Learning at Maastricht University. *Higher education*, 50 (4), 665-683.

Munson, B.H. (1991). *Relationships between an individual's conceptual ecology and the individual's conceptions of ecology*. Doctoral thesis. Minneapolis: University of Minnesota.

National Curriculum Science Support Project. (1992). *Children's ideas about ecosystems*. University of Leeds. NCSSP.

Needham, D.R. & Begg, I.M. (1991). Problem-oriented training promotes spontaneous analogical transfer: memory-oriented training promotes memory for training. *Memory Cognitive*, 19 (6), 543-57.

Norman, G.R. & Schmidt, H.G. (1992). The Psychological Basis of Problem-Based Learning: A Review of the Evidence. *Academic Medicine*, 67 (9), 557-565.

Novak, J.D. & Gowin, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.

OCDE (2002). *Definition and Selection of Competentes (DeSeCo): Theoretical and conceptual foundations*. [http://www.portal-sata-admin.ch/deseco/deseco\\_strategy\\_paper\\_final.pdf](http://www.portal-sata-admin.ch/deseco/deseco_strategy_paper_final.pdf).

OCDE (2006). *Evolution of student interest in Science and Technology studies*. <http://www.oecd.org/dataoecd/16/30/36645825.pdf>.

OCDE (2007). *PISA 2006. Programa para la Evaluación Internacional de alumnos de la OCDE. Informe Español*. Madrid: MEC/IE.

OCDE (2013a). *Panorama de la educación 2013*. España. [http://www.oecd.org/edu/Spain\\_EAG2013%20Country%20Note%20%28ESP%29.pdf](http://www.oecd.org/edu/Spain_EAG2013%20Country%20Note%20%28ESP%29.pdf).

OCDE (2013b). ¿Qué piensan los estudiantes sobre la escuela? *PISA in focus*, 24, 1-4.

OCDE. (2014). *Política educativa en perspectiva. Education Policy outlook*. España. <http://www.mecd.gob.es/dctm/inee/internacional/epo2014/espprofilefinalestraduccin-11-abril-rev-innee.pdf?documentId=0901e72b8192f29d>.

Opfer, V.D. & Pedder, D. (2011). Conceptualizing Teacher Professional Learning. *Review of Educational Research*, 81 (3), 376-407.

Pavón Martínez, F. & Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (2014). La metodología de resolución de problemas como investigación (MRPI): una propuesta indagativa para desarrollar la competencia científica en alumnos que cursan un programa de diversificación. *Enseñanza de las ciencias*, 32 (3), 469-492.

Pease, M.A. & Kuhn, D. (2011). Experimental analysis of the effective components of Problem-Based Learning. *Science Education*, 95, 57-86.

Pecore, J. L. (2013). Beyond Beliefs: Teachers Adapting Problem-based Learning to Preexisting Systems of Practice. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 7 (2), 7-33.

Pedersen, S. & Liu, M. (2003). *Teachers' beliefs about issues in the implementation of a student-centered learning environment. Educational Technology Research and Development*, 51 (2), 57-76.

Perales, F.J. (2000). *Resolución de problemas*. Madrid: Editorial Síntesis.

Pereiro Muñoz, C. & Jiménez Aleixandre, M.P. (2001). Argumentación sobre gestión ambiental en el Bachillerato. *Comunicación en el VI Congreso de Investigación en Didáctica de las Ciencias (Barcelona)*, 2, 67-68.

Pérez, M.C.; Favieres, A.; Manrique, M.J. & Varela, M<sup>a</sup>.P. (1995). La energía como núcleo en el diseño curricular de la física. *Enseñanza de las ciencias*, 13 (1), 55-65.

Pérez-Landazábal, M.C. & Varela, M<sup>a</sup>.P. (2013). El programa PISA de evaluación en ciencias ¿Qué ocurre con la Física? *Revista Española de Física*, 27 (1), 6-11.

Perfetto, G.A.; Bransford, J.D. & Franks, J.J. (1983). Constraints on access in a problem solving context. *Memory & Cognition*, 11, 24-31.

Perkins, D.N. & Salomon, G. (1987). Transfer and teaching thinking. In D.N. Perkins, J. Lochhead & J. Bishop (Eds.), *Thinking: The second conference*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Perret-Clermont, A.N. (1981). *La construcción de la inteligencia en la interacción social*. Madrid: Visor.

Phillips, D.C. (1997). Coming to Terms with Radical Social Constructivisms. *Science & Education*, 6 (1-2), 85-104.

Piaget, J. (1977). Trad. *La equilibración de las estructuras cognitivas: problema central del desarrollo*. España: Siglo XXI.

Pickering, W.R. & Cambra, O. (1998). *Biología I. Repasa con esquemas*. Madrid: Oxford Educación.

Posner, G.; Strike, D.; Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66 (2). Trad. cast. en Porlán, R.; García, J.E. & Cañal, P. (1988). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada.

Pozo, J. I. & Gómez Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.

Prince, M. & Felder & R.M. (2007). The Many Faces of Inductive Teaching and Learning. *Journal of College Science Teaching*, 36 (5), 14-20.

Puente, J. (2008). PISA 2006: resultados españoles en ciencias. *Alambique*, 57, 12-22.

Pyle, R.M. (1993). *The Thunder Tree: Lessons From an Urban Wildland*. Boston: Houghton Mifflin.

Quintanilla, M.; Joglar, C.; Jara, R.; Camacho, J.; Ravanal, E.; Labarrere, A.; Cuellar, L.; Izquierdo, M. & Chamizo, J. (2010). Resolución de problemas científicos escolares y promoción de competencias de pensamiento científico. ¿Qué piensan los docentes de Química en ejercicio? *Enseñanza de las Ciencias*, 28 (2), 185-198.

Ramírez, L.; Gil, D. & Martínez-Torregrosa, J. (1994). *La resolución de problemas de Física y de Química como investigación*. Madrid: MEC.

Ravitz, J. (2009). Introduction: Summarizing findings and looking ahead to a new generation of PBL research. Interdisciplinary. *Journal of Problem-based Learning*, 3 (1), 4-11.

Recuero, A. (1999). Alas a la esperanza. Estrategia de conservación del Águila Imperial Ibérica. *Revista de los Ministerios de Fomento y Medio Ambiente*, 474, 12-16.

Redes. (2000). *Vídeo: La vida bajo el sol*. RTVE.

Remedios, L., Clarke, D. & Hawthorne, L. (2008). Framing Collaborative Behaviors: Listening and Speaking in Problem-based Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 2 (1), 1-20.

Reyes, J.V. (1991). *La resolución de problemas de Química como investigación: una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico*. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco.

Rivard, L. & Straw, S. (2000). The Effect of Talk and Writing on Learning Science: An Exploratory Study. *Science Education*, 84, 566-593.

Rocard, M.; Csermely, P.; Jorde, D.; Lenzen, D.; Walwerg-Heriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Informe Rocard. Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Comission.

Rodríguez Arteché, I.; Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. & Garitagoitia Cid, M<sup>a</sup>.A. (En prensa). La planificación de investigaciones y su evaluación en 4º de ESO. *Revista Complutense de Educación*.

Rodríguez, F. (1991). *Enciclopedia Salvat de la Fauna Ibérica y Europea. El Hombre y la Tierra. Tomos: 1, 4, 8, 9, 19 y 22*. Barcelona: Salvat.

Roehrig, G.H. & Luft, J.A. (2004). Inquiry Teaching in High School Chemistry Classrooms: The Role of Knowledge and Beliefs, *Journal of Chemical Education*, 81(10), 1510-1516

Rosa Novalbos, D. & Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (2014a). *La competencia científica en 1º de bachillerato a través de la resolución de una situación problemática de geología*. Actas 26 Encuentros en Didáctica de las Ciencias Experimentales. [http://www.uhu.es/26edce/actas/docs/comunicaciones/orales/pdf/004.1-Rosa-Novalbos-\(bis\).pdf](http://www.uhu.es/26edce/actas/docs/comunicaciones/orales/pdf/004.1-Rosa-Novalbos-(bis).pdf)

Rosa Novalbos, D. & Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (2014b). *El tratamiento de los contenidos de Ciencias de la Naturaleza de 2º ESO mediante trabajo cooperativo con las TIC*. Actas 26 Encuentros en Didáctica de las Ciencias Experimentales. <http://www.uhu.es/26edce/actas/docs/comunicaciones/orales/pdf/012.1-Rosa-Novalbos.pdf>

Rosa Novalbos, D. & Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (En prensa). El trabajo cooperativo con las TIC para el tratamiento de contenidos de Biología con alumnos de 14-15 años. *Journal of Science Education*.

Rodríguez de la Fuente, F. (1991). *Vídeo: Águila y Alimoche. El hombre y la tierra. Serie fauna ibérica*. Salvat-RTVE.

Roesch, F.; Nerb, J. & Riess, W. (2015) Promoting Experimental Problem-solving Ability in Sixth-grade Students Through Problem-oriented Teaching of Ecology: Findings of an intervention study in a complex domain. *International Journal of Science Education*, 37 (4), 577-598.

Rosado, C. (2001). Desastre ecológico en la provincia de Segovia por la utilización de cebos envenenados. *ABC Castilla y León, Domingo*, 29-4-2001,6-7.

Roth, W.M. & McGinn, M.K. (1998). Inscriptions: A social practice approach to “representations.” *Review of Educational Research*, 68, 35-59.

Salomon, G. & Perkins, D.N. (1989). Rocky roads to transfer: Rethinking mechanisms of a neglected phenomenon. *Educational Psychologist*, 24 (2), 113-142.

Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Síntesis

Savery, J.R. (2006). Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning. *Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions*, 1 (1), 5-15.

Savery, J.R. & Duffy, T.M. (1995). Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35 (5), 31-38.

Savery, J.R. & Duffy, T.M. (2001). *Problem Based Learning: An instructional model and its constructivist framework*. Center for Research on Learning and Technology, Indiana University

Savin-Baden, M. & Major, C. (2004). *Foundations of problem-based learning*. Birkshire, England: The Society for Research into Higher Education & Open University Press.

Schmidt, H.G. & Moust, J.H.C. (2000). Factors affecting small-group tutorial learning: a review of research. In D. H. Evensen & C. E. Hmelo-Silver (Eds.), *Problem-based learning: A research perspective on learning interactions*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Schulze, A. (1996). *Aves rapaces*. León: Everest.

Serrano, T. (1987). Representaciones de los alumnos en biología: Estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. *Enseñanza de las ciencias*, 5 (3), 181-188.

Shayer, M. & Adey, P. (1984). *La ciencia de enseñar ciencias. Desarrollo cognoscitivo y exigencias del currículo*. Madrid: Narcea.

Simon, H.A. (1978). La teoría del procesamiento de la información sobre la solución de problemas. En: M. Carretero & A. García Madruga, *Lecturas de Psicología del pensamiento*, Alianza, Madrid.

Simon, H.S. (1981). The psychology of scientific problem solving. In R.D. Tweney, M.E. Doherty & C.R. Mynalt (Eds.) *Onscientificthinking*. New York: Columbia University Press.

Sinatra, G.M. & Pintrich, P.R. (2003). *Intentional conceptual change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Stinson, J.E. & Milter, R.G. (1996). Problem-Based Learning in Business Education: Curriculum Design and Implementation Issues. *New Directions in Teaching and Learning in Higher Education*, 68, 33-42.

Strobel, J. & van Barneveld, A. (2009). When is PBL More Effective? A Meta-synthesis of Meta-analyses Comparing PBL to Conventional Classrooms. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 3 (1), 44-58.

Summers, M.; Corney, G. & Childs, A. (2004). Student teachers' conceptions of sustainable development: the starting-points of geographers and scientists. *Educational Research*, 46 (2), 163-182.

Survival. (1992). *Vídeo: Hoy por ti, mañana por mi (Give a little, take a little)*. Survival.

- Taconis, R.; Fergusson-Hessler, M.G.M. & Broekhamp, H. (2001). Teaching science problem solving: An overview of experimental work. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (4), 442-468.
- Tetra. (2004). *Vídeo: Todo sobre el acuario*. Germany: Tetra-San Dimas.
- Torp, L. & Sage, S. (2002). *Problems as possibilities: Problem-based learning for K-16 education*. Alexandria VA: ASCD.
- United Nations Population Division. (2004). *World Population Prospects: The 2002 Revision*. United Nations Population Division (UNPD).
- Varela, M<sup>a</sup>.P. (1994). *La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense, Madrid.
- Varela, M<sup>a</sup>.P. (1996). Las ideas del alumnado en física. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 7, 45-52.
- Varela, M<sup>a</sup>.P. & Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (1997a). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la Física: La resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), 173-188.
- Varela, M<sup>a</sup>.P. & Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (1997b). Investigar y aprender resolviendo problemas de Física. *Revista Española de Física*, Vol. 11 (2), 32-37.
- Velasco, J.M. (1991). ¿Cuándo un ser vivo puede ser considerado animal? *Enseñanza de las ciencias*, 9 (1), 43-52.
- Vernon, D.T. & Blake, R.L. (1993). Does problem-based learning work? A meta-analysis of evaluative research. *Academic Medicine*, 68, 550-563.
- Vigotsky, L.S. (1978). Mind in society. The development of higher psychological process. Trad. cast. *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. (1979). Barcelona: Crítica.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Voss, J.F. (1988). Learning and transfer in subject-matter learning: A problem solving model. *International Journal of Educational Research*, 11, 607-622.
- Voss, J.F. & Post, T.A. (1988). On the solving of ill-structured problems. In M.T.H. Chi, R. Glaser, & M.J. Farr (Eds.) *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Waheed, T. & Lucas, A.M. (1992). Understanding interrelated topics; photosynthesis at age 14. *Journal of Biological Education*, 26 (3), 193-199.



Walker, A. & Leary, H. (2009). A Problem Based Learning Meta Analysis: Differences Across Problem Types, Implementation Types, Disciplines, and Assessment Levels. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 3 (1), 12-43.

Watts, M. (1994). *Problem Solving in Science and Technology: Extending Good Classroom Practice*. London: Fulton Publishers.

Webb, P. & Bolt, G. (1990). Food chain to food web: a natural progression? *Journal of Biological Education*, 24(3), 187-190.

West, L.H.T. & Pines, A.L. (eds). (1985). *Cognitive structure and conceptual change*. New York: Academic Press.

Wheeler, L.B.; Bell, R.L.; Whitworth, B.A. & Maeng, J.L. (2015). The Science ELF: Assessing the enquiry levels framework as a heuristic for professional development, *International Journal of Science Education*, 37 (1), 55-81,

White, P.A. (1995). Common sense construction of causal processes in nature: causal network analysis. *British Journal of Psychology*, 86, 377-395.

White, P.A. (1997). Naïve ecology: causal judgments about a simple ecosystem. *British Journal of Psychology*, 8(2), 219-233.

White, P.A. (2000). Naïve analysis of a food web dynamics: a study of causal judgment

Wong, K.K.H. & Day, J.R. (2008). A Comparative Study of Problem-Based and Lecture-Based Learning in Junior Secondary School Science. *Res Sci Educ*, 39, 625-642.

Yew, E.H.J.; Chng, E. & Schmidt, H.G. (2011). Is learning in problem-based learning cumulative? *Health Science Education*, 16, 449-464.

Zimmerman, B.J. (2000). Attaining self-regulation: A social-cognitive perspective. In M. Boekaerts; P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation*. San Diego, CA: Academic Press.

Zimmerman, B.J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41, 64-70.

Zimmerman, B.J. (2008). Investigating self-regulation and motivation: Historical background, methodological developments, and future prospects. *American Educational Research Journal*, 45 (1), 166-183.

Zimmerman, B.J. (2013). From cognitive modeling to self-regulation: A social cognitive career path. *Educational Psychologist*, 48 (3), 135-147.

Zimmerman, B.J. & Kitsantas, A. (1999). Acquiring writing revision skill: Shifting from process to outcome self-regulatory goals. *Journal of Educational Psychology*, 91, 1-10.

Zimmerman, B.J. & Kitsantas, A. (2005). The hidden dimension of personal competence: Selfregulated learning and practice. In A. J. Elliot & C. S. Dweck (Eds.). *Handbook of competence and motivation*. New York, NY: Guilford Press.

Zimmerman, B.J. & Schunk, D.H. (2008). Motivation: An essential dimension of self-regulated learning. In D. H. Schunk & B. J. Zimmerman (Eds.). *Motivation and self-regulated learning: Theory, research, and applications*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.



# **ANEXOS**



## **ANEXO I**

**Concepciones alternativas  
implicadas en la UD “Materia y  
Energía en los Ecosistemas”**



Contenido	Concepciones alternativas	Ideas científicas
<b>Energía</b>	La Energía es una clase de combustible que se gasta (Driver, 1988).	La energía no es un combustible y no se gasta, cambia a otra forma menos utilizable por los humanos.
	La energía suele ir asociada a la idea de movimiento (Pérez, Favieres, Manrique & Varela, 1995).	Los cuerpos en movimiento sí tienen energía, pero los que no se mueven también.
	El principio de conservación de la energía y su degradación no son asumidos por los estudiantes (Varela, 1996).	No entienden que en realidad se transforma en otras formas de energía menos aprovechables por los humanos.
	La energía es algo inherente a los seres vivos, necesario para la vida y directamente relacionado con la actividad humana. Los aparatos y seres vivos son almacenes de energía que se pueden recargar (Pozo & Gómez Crespo, 1998).	La energía se encuentra en toda materia, viva y no viva. La materia no es un almacén de energía, si se utiliza su energía se transforma en otro tipo de materia o se altera momentáneamente su estructura.
<b>Materia</b>	Concepción continua y estática de la materia como un todo indiferenciado (Pozo & Gómez Crespo, 1998).	La materia es discontinua y dinámica y se presenta en la naturaleza en una gran variedad de formas.
<p>NCSSP (1992): <i>Se recomienda revisar con los alumnos el concepto de fotosíntesis para que reconozcan que se trata de la etapa inicial y principal del ciclo de la materia, en el que la materia inorgánica se utiliza junto con la energía solar para construir la materia orgánica de los seres vivos. Deben conocer el origen de la materia que comen los organismos para comprender que la materia del cuerpo de un organismo (lo comido) se convierte en la materia del cuerpo del otro (el que come). A los alumnos les cuesta aceptar que los seres vivos se componen de materia, la biomasa, que se puede cuantificar. Toda la biomasa de un nivel trófico es el sumatorio de la de todos los organismos que lo componen. Tienen que comprender que la materia no desaparece sino que pasa de un lugar a otro (organismos o medio ambiente). Las pirámides tróficas y de energía se recomienda trabajarlas al final de la etapa de educación secundaria, pues se trata de conceptos difíciles de comprender.</i></p>		

**TABLA 23 (I/13).** *Concepciones alternativas e ideas científicas relacionadas con la ecología, junto con algunas recomendaciones para su enseñanza.*



Contenido	Concepciones alternativas	Ideas científicas
<b>Respiración</b>	Respirar es un simple intercambio de gases entre los organismos y el ambiente. No se considera igual la respiración animal que la vegetal, cuando consideran que los vegetales respiran (García, 1991; Waheed & Lucas, 1992).	La respiración es un proceso realizado en las Mitocondrias de las células animales y vegetales para obtener la energía de la materia orgánica. Para ello se realiza una reacción de oxidación o combustión de dicha materia orgánica.
	Respirar es tomar y expulsar aire (García & García, 1992).	En Biología el término correcto es Ventilar, aunque en el lenguaje vulgar se usa el término Respirar.
<p>NCSSP (1992): Los alumnos tienen dificultades para <i>distinguir entre el significado científico de respiración y el más familiar. Necesitan reconocer que la respiración en mamíferos u otros organismos son mecanismos necesarios para la respiración celular de todos los seres vivos. Es necesario, por tanto, explicarles el término científico de la respiración para que sean capaces de asimilarlo y aplicarlo. Para que la respiración tenga sentido para ellos, necesitan distinguir entre energía y materia, así como apreciar la relación que existe entre ellos. Comprender el papel de la respiración en el ciclo de la materia implica reconocer aspectos esenciales sobre la comida y la materia del cuerpo. Aunque la respiración se define en términos de comida, los alumnos necesitan darse cuenta de que esta comida es la materia del cuerpo de un organismo. Necesitan aprender que la respiración es la fase dentro del ciclo de la materia en el que la materia de los seres vivos se convierte en materia que regresa al medio ambiente.</i></p>		
<b>Fotosíntesis</b>	El proceso de Fotosíntesis equivale al de la Respiración en animales al asignar esta labor a las mitocondrias en animales y a los cloroplastos en vegetales (García, 1991).	La fotosíntesis (cloroplastos) y la respiración (mitocondrias) son dos procesos metabólicos distintos que se realizan en orgánulos celulares distintos.
	La Fotosíntesis es la manera de respirar de las plantas, o bien que las plantas respiran de noche y hacen la fotosíntesis por el día. Todas las células vegetales tienen cloroplastos (De Manuel & Grau, 1996). Ideas presentes también en estudiantes de Magisterio (Astudillo & Gene, 1984).	La fotosíntesis sirve para producir materia orgánica, no para respirar. Las plantas respiran de día y de noche. Sólo tienen cloroplastos las células encargadas de recibir luz para realizar la fotosíntesis.

**TABLA 24 (2/13).** *Concepciones alternativas e ideas científicas relacionadas con la ecología, junto con algunas recomendaciones para su enseñanza.*

<b>Contenido</b>	<b>Concepciones alternativas</b>	<b>Ideas científicas</b>
<b>Genética</b>	Existe una confusión generalizada de los cambios heredables y no heredables que pueden sufrir los individuos y las poblaciones, debido al desconocimiento o la inadecuada comprensión de los conocimientos de Genética. Generalmente esto les conduce a un pensamiento lamarckiano sobre la herencia de los caracteres adquiridos (De Manuel & Grau, 1996).	Sólo se podrán heredar aquellos cambios sufridos a nivel genético en la molécula de ADN y que sean transmitidos a la descendencia por las células sexuales (gametos). Recombinación y mutaciones son los motores de los cambios heredables.
<b>Evolución</b>	Se considera al organismo como unidad de evolución, no a la población (MEC, 1995). Los alumnos poseen una concepción lamarckiana del proceso evolutivo, y extrapolan los cambios que se dan en el periodo de vida de un individuo a cambios en poblaciones a través del tiempo (Serrano, 1987). Predomina un pensamiento lamarckista, basado en la idea de que los individuos pueden cambiar su organismo en respuesta a las condiciones del medio en que viven (Jiménez, 1991).	El organismo está adaptado o no. Lo que evoluciona es su población o su especie. La teoría aceptada en la actualidad es la Sintética o Neodarwinismo en la que se acepta la selección natural de las especies junto con mutaciones puntuales. Los cambios sufridos en el organismo de un individuo durante su vida no son heredables y los individuos no pueden modificar su organismo según las condiciones del medio.
<b>Adaptación</b>	Cualquier ser vivo se puede adaptar a comer otro tipo de comida (Fernández & Casal, 1995). La Adaptación Biológica se basa en que los organismos efectúan conscientemente cambios físicos (el individuo se esfuerza en cambiar) en respuesta a cambios ambientales, de tal forma que el mecanismo evolutivo se basaría en una mezcla de necesidad, uso y falta de uso (De Manuel & Grau, 1996). La Adaptación Biológica es explicada por los alumnos con connotaciones finalistas e intencionales, dando a entender que los cambios biológicos se producen para alcanzar un fin, un objetivo (Gándara, Gil & Sanmartí, 2002).	No es posible adaptarse a comer otros alimentos durante la vida de un organismo. La adaptación biológica se basa en la supervivencia del más apto, que será el que pueda reproducirse, y de cuya descendencia también sobrevivirán los más aptos, etc. Entra en juego tanto el azar como la necesidad. La adaptación biológica no tiene ninguna finalidad ni intención, simplemente se produce y continúa su camino. No hay objetivos que cumplir.
<b>Tiempo evolutivo</b>	Para la mayoría es difícil comprender la idea de Tiempo a escala evolutiva y geológica, de ahí la dificultad de comprender otras cuestiones relacionadas (MEC, 1995; De Manuel & Grau, 1996).	Comprender la idea de miles, cientos de miles o millones de años facilita la comprensión de conceptos como la Evolución o la Historia geológica.

**TABLA 24 (3/13).** *Concepciones alternativas e ideas científicas relacionadas con la ecología, junto con algunas recomendaciones para su enseñanza.*

Contenido	Concepciones alternativas	Ideas científicas
<b>Biodiversidad</b> (En Bermúdez & De Longhi, 2008)	<p>Asociación de la “biodiversidad” sólo con la “diversidad de especies”, sin considerar los distintos niveles de organización biológica para los que es válido este concepto (DeLong, 1996; Hunter &amp; Brehn, 2003; Bermúdez &amp; De Longhi, 2005).</p> <p>Énfasis particular puesto en las especies animales y vegetales (Bright &amp; Stinchfield, 2005).</p> <p>“Extinción de la experiencia”: pérdida de oportunidades que tienen los niños de experimentar con la naturaleza para amarla y comprender su diversidad (Pyle, 1993; Miller, 2005).</p> <p>“Amnesia generacional medioambiental”: refiere a que el ambiente percibido por las personas en su niñez, en un contexto mundial de urbanización (UNPD, 2004), sirve como línea de base para la interpretación e identificación de la degradación ambiental futuras.</p> <p>La conservación de la biodiversidad puede considerarse importante aunque su nivel de conceptualización sea deficiente (BRSRC, 1996) y verse desligada del desarrollo sustentable (Summers, Corney &amp; Childs, 2004).</p> <p>Confusiones terminológicas y conceptuales entre: a) el número de especies (riqueza, o “R”) y el número de individuos (abundancia absoluta de organismos de la población de una especie, o “n”); b) la riqueza de especies (R) y la diversidad funcional, determinada por la variedad de caracteres funcionales representados en el pool de especies que integran una comunidad; y c) el número de individuos de una especie (n) y el mismo en relación con el conjunto de individuos del total de especies (o “N”); es decir, la abundancia relativa (n/N) (Bermúdez &amp; De Longhi, 2005; 2006).</p> <p>Falta de reconocimiento de la capacidad de amortiguamiento frente a un cambio drástico que tiene un ecosistema con mayor número de individuos de una especie, o de especies de un mismo tipo funcional o gremio, que otro (redundancia funcional) (Bermúdez &amp; De Longhi, 2005; 2006).</p> <p>El concepto matemático de proporción actúa como obstáculo epistemológico para la comprensión de la abundancia relativa de cualquiera de los niveles de organización implicados en el constructo biodiversidad (Bermúdez, 2006).</p>	<p>La biodiversidad es un concepto que engloba la diversidad biológica a tres niveles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especies.</li> <li>• Genes.</li> <li>• Ecosistemas.</li> </ul> <p>No sólo pertenecen a la biodiversidad las especies animales y vegetales, también algas, hongos, bacterias, etc.</p> <p>La mayor biodiversidad de especies de un ecosistema confiere mayor resistencia a los cambios bruscos.</p>

**TABLA 24 (4/13).** Concepciones alternativas e ideas científicas relacionadas con la ecología, junto con algunas recomendaciones para su enseñanza.

Contenido	Concepciones alternativas	Ideas científicas
<b>Factores Bióticos</b>	Es común identificar Ser vivo con animal, utilizando criterios de movimiento y comportamiento (De Manuel & Grau, 1996).	No sólo los animales son seres vivos, también hay muchos seres vivos que no se mueven.
	Al ser humano no se le considera un organismo animal (Velasco, 1991).	El ser humano sí es un organismo animal.
	Suelen distinguir a los animales de los vegetales a partir de características bien visibles propias de los vertebrados (Fernández & Casal, 1995).	Existen animales con características externas semejantes a las plantas.
	Las plantas obtienen su comida del suelo (Driver, 1988). Las plantas se alimentan sólo de agua y sales minerales (García & García, 1992).	También obtienen nutrientes del aire, disueltos en agua, de animales (plantas carnívoras), necesitan luz, CO <sub>2</sub> y O <sub>2</sub> .
	A los vegetales se les reconoce poca importancia en el mantenimiento de la vida (Fernández & Casal, 1995).	Son organismos esenciales para iniciar cadenas alimenticias. Son Productores.
	Los microorganismos Descomponedores no suelen ser considerados al referirse a las cadenas y niveles tróficos, pero cuando sí lo hacen los consideran seres o sustancias dañinas que perjudican a las cadenas tróficas (Fernández & Casal, 1995).	Son organismos esenciales para cerrar los ciclos de la materia, al descomponen la materia orgánica de cadáveres o restos de seres vivos en materia inorgánica utilizable de nuevo por los productores.
	No consideran la función descomponedora de la materia orgánica que los microorganismos realizan en las basuras (Marcén, Fernández & Hueto, 2002).	Precisamente en las basuras hay mucha materia orgánica de la que se alimentan los descomponedores.
	Tienen ideas antropocéntricas respecto a los conceptos de Especie y Población. Asimilan el concepto de Especie al de raza de los individuos. También aceptan como rasgos distintivos las semejanzas morfológicas entre los organismos que la componen (Berzal & Barberá, 1993).	No puede haber reproducción entre individuos de distintas especies, pero sí entre razas de una misma especie. Pueden parecerse mucho dos especies y no poderse reproducir, por eso son distinta especie.

**TABLA 24 (5/13).** *Concepciones alternativas e ideas científicas relacionadas con la ecología, junto con algunas recomendaciones para su enseñanza.*

Contenido	Concepciones alternativas	Ideas científicas
<b>Relaciones entre organismos</b>	Suelen concebir las Relaciones entre organismos únicamente como relaciones entre individuos, en lugar de entre poblaciones (De Manuel & Grau, 1996).	También existen relaciones entre poblaciones, entre niveles tróficos e incluso entre ecosistemas.
	Se da más importancia a las entidades (factores vivos y no vivos) que a las relaciones entre ellas como determinantes de los cambios (MEC, 1995).	Los cambios que se producen en los ecosistemas se deben más a las interacciones entre elementos que a los propios elementos.
<p>NCSSP (1992): <i>Un desafío inicial para los alumnos es reconocer que los recursos son limitados y que dentro de un ecosistema son escasos. Cuantos más organismos haya en un ecosistema más demanda hay en la provisión de todos los recursos. El concepto de “competición” supone que el ecosistema que se considere sea cerrado.</i></p> <p><i>Primero tienen que pensar en las necesidades de los organismos a nivel individual. Por ejemplo, atendiendo a los recursos de comida desde el punto de vista del que come es necesario entender que cada clase de animal puede comer sólo ciertos alimentos y, por lo tanto, tiene requisitos específicos. Además deben reconocer que muchos individuos tienen las mismas demandas sobre el mismo recurso. Los alumnos tienen que entender que “los mismos ratones, más búhos” es la misma relación de proporcionalidad que “menos ratones, mismos búhos”.</i></p> <p><i>El término ecológico “competición” puede dar lugar a un concepto erróneo de las relaciones entre los organismos que compiten. Por ello, se les tienen que presentar un número de ejemplos de competición por recursos entre organismos para que entiendan que no implica una lucha real o un intento de superar a organismos “rivales”.</i></p> <p><i>En ecología, al igual que en otros dominios, se necesita enseñar a los alumnos ciertas convenciones. Tienen que saber que un nombre (por ejemplo “conejo”, o “pájaro”) puede referirse tanto al individuo como a la especie. De forma similar, en las cadenas tróficas, una foto de un zorro representa todos los zorros (dentro de un ecosistema). Es más, siempre que se considera la “competición”, los alumnos tienen que distinguir entre “competición entre especies” y “competición dentro de la misma especie”. Por ejemplo, los problemas de cadenas tróficas se centran en la competición entre las diferentes especies tales como búhos y cernícalos compitiendo por los ratones. Los problemas de la germinación se pueden centrar en una competición por agua y luz entre diferentes plantas de semillero de la misma especie.</i></p>		

**TABLA 24 (6/13).** *Concepciones alternativas e ideas científicas relacionadas con la ecología, junto con algunas recomendaciones para su enseñanza.*

Contenido	Concepciones alternativas	Ideas científicas
<b>Factores Abióticos</b>	Estiman imprescindibles para la vida los componentes del entorno (agua, luz solar, etc.), pero esta importancia no la relacionan con la intervención de dichos componentes en la formación de estructuras de los seres vivos (Fernández & Casal, 1995).	Sin los componentes del entorno no se formarían las moléculas, células, tejidos, etc. de los seres vivos.
	No consideran el Carácter Limitante de los componentes del entorno (agua, luz, temperatura, humedad, etc.), ni tampoco que éstos puedan ser modificados o perturbados por la influencia de los seres vivos, incluida la especie humana (Fernández & Casal, 1995).	Los componentes del entorno y su cantidad condicionan que puedan vivir unos u otros organismos, y viceversa.
	Es generalizado el escaso conocimiento del Ciclo del "Agua Potable", así como de la obligación legal de potabilizar el agua antes del consumo humano y depurarla después (Membiela, Nogueiras & Suárez, 1993).	El agua es esencial para la vida, pero no cualquier agua. Su cantidad y calidad condiciona nuestra vida y la del resto de organismos.
	Abunda la representación del Suelo como un ser vital, capaz de succionar, absorber sustancias y alimentarse de ellas. También se le considera el alimento de las plantas (De Manuel & Grau, 1996).	El suelo es una interfase no viva entre la roca dura y el aire. Permite el acúmulo de sales minerales, agua y aire necesarios para diferentes seres vivos.
	El suelo tiende a decrecer en fertilidad a lo largo del tiempo y sólo la recuperará si interviene el hombre mediante el abono (MEC, 1995).	Si hay una actuación de los descomponedores para devolver materia inorgánica al suelo, este no perderá su fertilidad.
	El Medio suele considerarse como un sistema armonioso, en equilibrio natural, como si los animales buscaran y escogieran el medio más propicio (Astolfi, 1986).	El medio no es armonioso ni está en equilibrio, hay una lucha constante de cada organismo por sobrevivir. Si no están adaptados a su medio terminarán por desaparecer.
	El Medio puede ser considerado como un lugar donde ocurren cosas sin organización aparente, como una mera suma de elementos que se entremezclan o como un recurso a utilizar por la especie humana (García, 1992 y 1995).	El medio es un lugar en el que hay interacciones constantes entre sus elementos, en las cuales se puede distinguir una organización bastante precisa. Los humanos nos servimos del medio para todas nuestras actividades sin considerar seriamente que formamos parte de él.

**TABLA 24 (7/13).** *Concepciones alternativas e ideas científicas relacionadas con la ecología, junto con algunas recomendaciones para su enseñanza.*

Contenido	Concepciones alternativas	Ideas científicas
<b>Ecosistema</b>	<p>El Ecosistema, pese a ser un concepto tratado a lo largo de la educación primaria y la secundaria, presenta un nivel de elaboración mínimo en los alumnos (muy relacionada con la "visión simple del medio". Se considera como una suma de elementos, que establecen relaciones sencillas, y que tienen cierto orden u organización muy rígida (García, 1992). Ecosistema restringido a seres vivos (Jiménez Aleixandre, 2003). En Bermúdez &amp; De Longhi, 2008:</p> <p><i>Es un "trozo" de naturaleza, de límites rígidos, sin profundizar en su organización compleja y dinámica (García, 2003; Groves &amp; Pough, 2002).</i></p> <p><i>No suelen considerarse las múltiples relaciones de causa-efecto o los efectos de segundo orden de los procesos ecosistémicos (Hogan, 2000).</i></p> <p><i>Pensamiento mágico: presuposición de la bondad y armonía de los elementos en la naturaleza por el solo hecho de ser 'naturales' (Rhode, 1996).</i></p>	<p>El ecosistema es un conjunto de elementos vivos y no vivos que interaccionan entre sí.</p> <p>No es la simple suma de elementos, sus relaciones no son sencillas y su organización es bastante flexible y cambiante.</p> <p>No tiene límites establecidos.</p> <p>Sus interrelaciones entre factores vivos y no vivos son complejas.</p> <p>El hecho de que algún factor sea natural, no implica que sea bueno para otros factores del ecosistema.</p>
<p>NCSSP (1992): <i>Los alumnos tienen que imaginar un ecosistema cerrado dentro del cual el número de los organismos se podría contar, sin embargo, tienen que ser conscientes de que una muestra del ecosistema podría no ser útil para construir una pirámide de números, debido a los problemas que puede plantear la muestra seleccionada. Una vez comprendido el modelo, deberían poder aplicarlo a diferentes ecosistemas.</i></p>		
<b>Niveles tróficos</b>	<p>Los Niveles Tróficos a los que se les reconoce mayor importancia son los herbívoros y los carnívoros, mientras que a los productores y a los descomponedores se les reconoce poca o ninguna importancia en el mantenimiento de la vida (Fernández &amp; Casal, 1995).</p>	<p>La mayor importancia para el mantenimiento de la vida la tienen los productores y los descomponedores. El resto de seres vivos son una consecuencia del exceso de energía que entra al sistema Tierra.</p>

**TABLA 24 (8/13).** *Concepciones alternativas e ideas científicas relacionadas con la ecología, junto con algunas recomendaciones para su enseñanza.*

Contenido	Concepciones alternativas	Ideas científicas
<b>Descomponedores y Descomposición</b>	La descomposición y putrefacción de los organismos muertos y excrementos se suele atribuir a la acción de los fenómenos meteorológicos, al paso del tiempo o a causas teleológicas como la sabiduría de la naturaleza, mientras que son pocos los que lo relacionan con los microorganismos descomponedores (De Manuel & Grau, 1996).	La descomposición y putrefacción de la materia orgánica se debe a los organismos descomponedores, los cuales se verán más o menos favorecidos por los factores climáticos y el paso del tiempo.
NCSSP (1992): <i>Para los alumnos es un reto el incluir la descomposición en el ciclo de la materia, pues depende del hecho de darse cuenta de que la materia no desaparece cuando los cadáveres o productos de la excrección se descomponen. Tienen que reconocer que la descomposición es un proceso que convierte la materia de los seres vivos en materia inorgánica que pasa al medio ambiente, debido a la respiración de los descomponedores (bacterias y hongos).</i>		
<b>Estabilidad</b> (En Bermúdez & De Longhi, 2008)	<i>Equilibrio estático entendido como un óptimo, homogeneidad, atribución de propiedades homeostáticas (García, 2003; Ibarra Murillo &amp; Gil Quitéz, 2005). Idea de clímax preestablecido mediante la sucesión ecológica donde ninguna especie sobra o falta, y hay comida para todos (Ibarra Murillo &amp; Gil Quitéz, 2005).</i>	Los sistemas naturales son cambiantes, mientras que el equilibrio es poco habitual.  El clímax de un ecosistema es cambiante en función de sus alteraciones. También varía entre ecosistemas.
<b>Perturbación</b> (En Bermúdez & De Longhi, 2008)	<i>Efecto disipador: las consecuencias de una perturbación, situadas en un lugar particular de la red alimentaria, se debilitan o disipan a medida que se expanden desde esa posición (White, 1997). Analogías con sistemas físicos complejos (White, 2000). Pensamiento mágico para la presencia de ganado y de nutrientes en el suelo: “si son elementos de la naturaleza no harán daño al medio ambiente”. Pensamiento catastrófico: la presencia del disturbio siempre tiene connotaciones negativas y extremistas. Fuerte asociación del fuego, las lluvias y las actividades de caza con incendios devastadores, inundaciones y con la caza furtiva que conlleva necesaria e incondicionalmente a la extinción, respectivamente.</i>	Las perturbaciones en la red alimentaria puede tener consecuencias iguales o mayores para otras especies de la red trófica, aunque estén alejados entre sí.  Cualquier elemento natural (especies, nutrientes, etc.) pueden ser dañinos para el medio ambiente.  Factores como incendios, riadas, lluvias, caza, pesca, etc., en principio dañinos para el medio ambiente o las especies, pueden tener efectos beneficiosos para la naturaleza.

**TABLA 24 (9/13).** *Concepciones alternativas e ideas científicas relacionadas con la ecología, junto con algunas recomendaciones para su enseñanza.*



Contenido	Concepciones alternativas	Ideas científicas
<b>Interacción Interrelación Interdependencia</b>	El concepto de Interacción en el campo de la ecología, cuando se considera, se entiende como relaciones unidireccionales entre elementos. Estas relaciones se asocian generalmente a la relación entre especies diferentes, en menor medida a la relación entre individuos de la misma especie y a la relación entre especies y biotopo, pero casi nunca consideran las relaciones entre factores abióticos dentro del biotopo (García, 1992).	Las interacciones son bidireccionales porque se produce una mutua influencia. Se producen múltiples interrelaciones entre elementos vivos, entre elementos no vivos y entre elementos vivos y no vivos. Existe una interdependencia entre elementos dentro de los ecosistemas.
<p>NCSSP (1992): <i>Los alumnos conocen las necesidades de comida y refugio de los organismos. Aunque usen este modelo simple y limitado de interdependencia tienen que saber que un organismo depende de otros, tanto de su misma especie como de los de otras especies. Tienen que ser conscientes de que la interdependencia es un concepto importante que se usará en muchos contextos biológicos. El mayor desafío para los alumnos es pasar de la comprensión descriptiva de dependencia a la comprensión explicativa. Reconocer que los organismos al igual que el medio ambiente no vivo están compuestos de materia es esencial para adoptar un punto de vista más amplio. Aunque es difícil para los alumnos entender estos conceptos, una introducción temprana y explícita de la interdependencia a nivel de materia puede ayudarles en terrenos como la nutrición, la respiración, el crecimiento, la descomposición, etc. El modelo de interdependencia se necesita para comprender el ciclo de la materia, la dinámica de poblaciones y el flujo de energía en niveles más avanzados.</i></p> <p><i>La idea de interdependencia tiene que asociarse con la idea de que en un sistema, un cambio en una parte afecta al resto, para luego volver a un nuevo equilibrio. Tienen que tener claro la terminología que se usa para los ecosistemas, por ejemplo, el sentido ecológico de población y comunidad tiene que diferenciarse del sentido sociológico.</i></p> <p><i>Al hablar de ecosistemas es útil empezar estudiando un sistema cerrado, sin embargo, los alumnos tienen que darse cuenta de que ningún ecosistema es cerrado. Todos son abiertos ya que en todos los ecosistemas el intercambio de energía y de gas es global. Tienen que darse cuenta de que centrarse en ecosistemas localizados es conveniente para facilitar su estudio. Revisar el concepto del ecosistema global al final del curso les permitirá integrar no sólo las ideas sobre los sistemas vivos sino también las relacionadas con la materia y la energía.</i></p>		

**TABLA 24 (10/13).** *Concepciones alternativas e ideas científicas relacionadas con la ecología, junto con algunas recomendaciones para su enseñanza.*

Contenido	Concepciones alternativas	Ideas científicas
<b>Cadenas y redes tróficas</b>	<p>La Cadena Trófica es considerada como una asociación de seres vivos en la que cada eslabón se identifica con un individuo, no con la población a la que pertenece. Tienen una idea de cadena rígida a la vez que frágil, como si sus componentes no tuviesen otras fuentes de alimento, pudiendo dejar de funcionar completamente si falla un componente. Los individuos más fuertes y de mayor tamaño, depredadores de todos los demás, dirigen y controlan el fin de la cadena trófica (Fernández &amp; Casal, 1995).</p> <p>En Bermúdez &amp; De Longhi, 2008: <i>Organizaciones lineales –en un solo sentido- (García, 2003), o a lo sumo lineales bidireccionales o piramidales (Leach, Driver, Scott &amp; Wood-Robinson, 1996a; Hogan, 2000).</i></p> <p><i>Dificultades en la comprensión de las redes e interrelaciones que gobiernan el ciclo de la materia y el flujo de la energía (Webb &amp; Bolt, 1990; Munson, 1991; Leach, Driver, Scott &amp; Wood-Robinson, 1996b).</i></p> <p><i>Causalidad recíproca para interpretar las relaciones entre predadores y presas (White, 1995).</i></p>	<p>Las cadenas tróficas son una simplificación, las especies suelen tener otras fuentes de alimentación, por eso se unen formando redes tróficas. Cada eslabón se refiere a la población de ese organismo. Siempre comienzan por los productores, los cuales son los que controlarían la cadena.</p>
<p>NCSSP (1992): <i>La idea de la comida para obtener la materia y la energía conlleva comprender la importancia de las cadenas tróficas. Los alumnos tienen que entender que la comida se convierte en la materia del cuerpo del organismo que come, y así sucesivamente. Deben darse cuenta de que todo empieza con una planta verde. Tienen que reconocer esta generalización y considerar por qué es así. En las cadenas tróficas puede que tengan dificultad en reconocer que una palabra o un dibujo representa toda una especie o grupo de especies.</i></p>		
<b>Modelo depredador-presa</b>	<p>En el modelo depredador-presa, que no suelen considerar como poblaciones, tienen la idea de superioridad del depredador (mayor tamaño, fuerza, rapidez, mejor "adaptados", etc.), así como cualidades antropomórficas (sin piedad, más astuto, sin mala intención, etc.) (De Manuel &amp; Grau, 1996).</p>	<p>Este modelo se refiere a las poblaciones de organismos. No existe superioridad de ninguno de ellos, ya que se condicionan entre sí. Una reducción de la presa repercutirá en el número de depredadores y viceversa. No existe intencionalidad alguna que no sea la de sobrevivir.</p>

**TABLA 24 (11/13).** *Concepciones alternativas e ideas científicas relacionadas con la ecología, junto con algunas recomendaciones para su enseñanza.*

Contenido	Concepciones alternativas	Ideas científicas
<b>Contaminación y problemas ambientales</b>	Saben que no es necesario sentir la contaminación para que exista. La reconocen como un problema para el medio y para los seres vivos, incluido el ser humano, pero aunque se pueden extinguir otras especies no ven en la contaminación un peligro para la supervivencia de la especie humana. Además hay dificultades para entender que una sustancia se pueda considerar o no como contaminante en función de distintos factores (Brody, 1991).	Los humanos, como especie, también podemos llegar a extinguirnos. De hecho, los contaminantes son uno de los factores de mayor riesgo porque son causantes de enfermedades, muerte directa, esterilidad, mutaciones, etc. Elementos químicos necesarios para procesos biológicos son perjudiciales en elevadas cantidades.
	Consideran los Problemas Ambientales como un tipo de problemas íntimamente ligados a la actuación humana. Comparten la idea de que la situación actual es preocupante, pero se sienten poco implicados en su solución, presentando o bien una actitud pesimista y fatalista ("las cosas son así", "es inevitable") o bien una actitud optimista ingenua ("los expertos encontrarán soluciones"). Hay dificultades para entender la interacción en red de los múltiples factores que intervienen en cualquier problema ambiental (Brody, 1991).	Los problemas ambientales son problemas para los humanos, sean por causa natural o humana. Sus soluciones, si las tienen, pasan por evitar las causas conocidas y evitar realizar actuaciones que los aumenten. Las relaciones simples entre los factores que intervienen sirven para entender los problemas, pero la realidad suele ser bastante más compleja con múltiples interrelaciones.
	Es frecuente el razonamiento de que la solución a los problemas es alejarlos, sin percibir que lo único que se consigue es trasladar el problema (Membiela, Nogueiras & Suárez, 1993).	La solución a los problemas ambientales nunca puede ser alejarlos, porque nuestro planeta tiene límites volverán a afectar de forma indirecta.
	Piensen que los países industrializados contaminan menos que los países en vías de desarrollo. No ven el vínculo entre consumo de productos y utilización de recursos, mientras que relacionan el aumento del consumo con un aumento de puestos de trabajo. Desconocen las materias primas empleadas en objetos cotidianos. Reutilizar objetos no está muy reconocido al asociarlo a pobreza y marginalidad. Conocen y realizan la separación selectiva de basuras, aunque no consideran el coste y dificultad del reciclaje de productos (Marcén, Fernández & Hueto, 2002).	Los países industrializados contaminan mucho más que los países en vías de desarrollo. A mayor consumo mayor necesidad de recursos y no necesariamente más puestos de trabajo. Sería importantísimo que todo ciudadano conociese un poco el origen de las materias primas, así como la importancia de reutilizar, separar selectivamente las basuras y reciclar recursos para evitar extraer más.

**TABLA 24 (12/13).** *Concepciones alternativas e ideas científicas relacionadas con la ecología, junto con algunas recomendaciones para su enseñanza.*

Contenido	Concepciones alternativas	Ideas científicas
<b>Contaminación</b> (En Bermúdez & De Longhi, 2008)	<p><i>El uso de gasolina sin plomo reduce el calentamiento global, y confusión entre éste y el adelgazamiento de la capa de ozono: “uno de los problemas más importantes es el calentamiento de la capa de ozono” (Francis, Boyes, Qualter &amp; Stanisstreer, 1992; Boyes &amp; Stanisstreer, 1992; Bermudez, 2006).</i></p> <p><i>Al considerar cómo ciertos contaminantes pueden movilizarse y afectar al ecosistema, sólo se tienen en cuenta los efectos cuando existe el contacto directo de éstos con los organismos (Hogan, 2000).</i></p> <p><i>El “problema ambiental” se restringe a la contaminación.</i></p> <p><i>Percepción simplificadora y sesgada hacia los problemas de degradación (Jiménez Aleixandre, 2003).</i></p> <p><i>Pensamiento mágico: ciertos elementos no serían tóxicos o contaminantes ya que no son creados por el humano sino existen naturalmente (plomo, etc.).</i></p>	<p>La gasolina sin plomo no afecta al calentamiento global.</p> <p>El calentamiento global y el agujero de la capa de ozono son dos problemas ambientales diferentes originados por la contaminación.</p> <p>Hay contaminantes que afectan de forma indirecta sin el contacto directo con los organismos.</p> <p>Existen muchos tipos de problemas ambientales que no tienen que ver con la contaminación.</p> <p>Hay sustancias naturales que también son contaminantes, el hecho de ser natural no implica su ausencia de toxicidad.</p>
<b>Basuras</b>	<p>Las basuras son consideradas por los alumnos como un estorbo, sin hacer referencia a la pérdida inútil de materiales, en cantidad y calidad, trasladando a los organismos públicos la solución del problema al considerar que su participación es mínima. No consideran la existencia de componentes orgánicos e inorgánicos entre las basuras. El problema de las basuras para ellos principalmente es estético, suciedad y malos olores, sin considerar la contaminación de tierra, agua y aire que provocan (Marcén, Fernández &amp; Hueto, 2002).</p> <p>Conceden mayor importancia a las basuras como el origen de la contaminación de los ríos, probablemente debido a que son más visibles que otro tipo de contaminación (Membiela, Nogueiras &amp; Suárez, 1993).</p>	<p>Las basuras son uno de los principales problemas ambientales al tratarse de una pérdida de recursos orgánicos e inorgánicos que no se vuelven a utilizar, provocando la extracción de más recursos de otras zonas del planeta. Además las basuras son una de las principales fuentes de contaminación de tierras, agua y aire.</p> <p>Los ríos no sólo se contaminan por las basuras, también influyen de forma más importante la filtración de abonos químicos, pesticidas, fungicidas, herbicidas, etc. empleados en la agricultura; la lluvia ácida; el vertido de agua por las fábricas e industrias a diferente temperatura o con sustancias químicas; etc.</p>

**TABLA 24 (13/13).** *Concepciones alternativas e ideas científicas relacionadas con la ecología, junto con algunas recomendaciones para su enseñanza.*



## **ANEXO II**

**Material complementario para la  
resolución de las Situaciones  
Problemáticas de Entrenamiento y  
de la Unidad Didáctica "Materia y  
Energía en los Ecosistemas"**



Los alumnos disponen de su libro de texto (Barrio et al, 2003) y las aclaraciones y explicaciones del profesor, pero además trabajan con el material complementario que se expone a continuación. Éste es aportado por el profesor en el momento que lo considera adecuado en función del avance y profundidad que vayan alcanzando en las diferentes fases de la resolución de la situación problemática. También se proponen unos vídeos (Ilustración 39 de este anexo) que se podrían utilizar durante la resolución de las situaciones problemáticas para que los alumnos utilicen su información, aunque en esta investigación se han empleado para repasar y reforzar conocimientos una vez finalizadas las diferentes situaciones problemáticas.

## **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA DE ENTRENAMIENTO 1**

**Es típica la afirmación  
"no se debe dormir en una habitación con plantas".  
¿Es correcta o no y por qué?**

- Ficha con las fases de la MRPI y un experimento científico (Ilustración 33), elaborada por el profesor-investigador a partir del "Material fotocopiable" del libro de texto (Barrio et al, 2003).

## **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA DE ENTRENAMIENTO 2**

**En una isla se ha soltado una especie de lechuza  
entrenada para cazar ratones por la cola, los cuales son ya una plaga.  
¿Qué puede ocurrirle a la población de ratones a lo largo del tiempo?**

- Cuadros sobre Alimentación-Nutrición, Organismos Autótrofos y Heterótrofos y Semejanzas y diferencias entre Especie y Población (originales del profesor-investigador). Se adjunta en la Ilustración 34.
- Información sobre la biología (alimentación, reproducción, comportamiento, etc.) y ecología de la Lechuza común (Rodríguez, 1991; Schulze, 1996).
- Información sobre la biología (alimentación, reproducción, comportamiento, etc.) y ecología de los Ratones de campo (Rodríguez, 1991).
- Información sobre las plagas (Berges, Carrión, Gil & Martínez, 1996; Miguel, Cañizo & Costa, 1996; España, López, Morales & Arribas, 1995).
- Modelo depredador (lince)-presa (liebre) (Caballer, Giménez & Madrid, 1993).

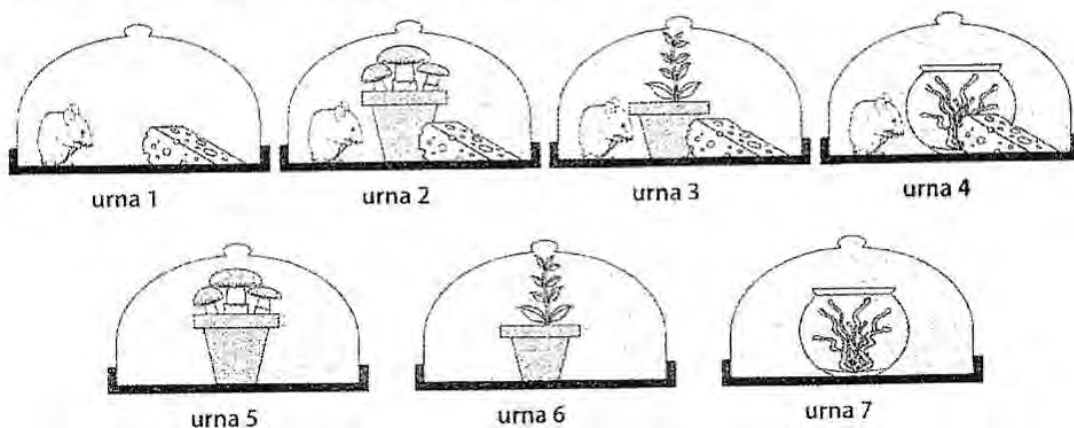


### **PROBLEMA**

Es típica la afirmación que dice que  
"no se debe dormir en una habitación con plantas".

¿Es correcta o no y por qué?

1. Analizo el problema con lo que sé (antes de buscar cualquier información).
2. Pienso y formulo mis hipótesis (antes de buscar cualquier información).
3. Pienso y diseño un experimento o estudio bibliográfico que me permitirá comprobar una de mis hipótesis para ir resolviendo el problema. Cada hipótesis tendrá su propio experimento o estudio bibliográfico.
4. Realizo el experimento o la investigación bibliográfica para la hipótesis elegida. Aquí se representa, como ejemplo, un experimento real con sus resultados (aunque no siempre se podrá hacer un experimento real).



### **RESULTADOS**

- En las urnas 1 y 2 el ratón muere a las 12 horas, mientras que en la 3 y en la 4 sigue vivo después de cuatro días.
- La seta de la urna 2 se seca a los dos días, y la de la urna 5 a los cuatro días.
- Las plantas y las algas de las urnas 3, 4, 6 y 7 continúan viviendo.

5. Analizo los datos obtenidos para esa hipótesis y trato de solucionar el problema.  
Saco conclusiones.

**ILUSTRACIÓN 33.** Ficha de apoyo con las fases de la MRPI para la resolución de la primera situación problemática de entrenamiento.

ALIMENTACIÓN		NUTRICIÓN	
ALIMENTOS	DIGESTIÓN → AGUA SALES MINERALES GLÚCIDOS LÍPIDOS PROTEÍNAS ÁCIDOS NUCLEICOS VITAMINAS	METABOLISMO CELULAR →	ENERGÍA (para realizar todas las funciones) Y MATERIA ORGÁNICA (para crecer y regenerar estructuras)

ORGANISMOS HETERÓTROFOS	ORGANISMOS AUTÓTROFOS
BACTERIAS, PROTOCTISTAS, HONGOS Y ANIMALES	BACTERIAS, ALGAS Y VEGETALES
DEBEN COGER LA MATERIA Y LA ENERGÍA EN FORMA DE MATERIA ORGÁNICA YA FABRICADA POR LOS ORGANISMOS DE OTROS SERES VIVOS.	SE FABRICAN SU PROPIA MATERIA ORGÁNICA Y OBTIENEN LA ENERGÍA DEL SOL MEDIANTE LA <b>FOTOSÍNTESIS</b> . En los orgánulos celulares llamados <b>Cloroplastos</b> . $H_2O + CO_2 + \text{Sales minerales} + \text{Energía solar} \rightarrow O_2 + \text{Materia Orgánica (luz)}$
Realizan la <b>RESPIRACIÓN CELULAR</b> : Proceso que sirve para obtener energía de la materia orgánica. En los orgánulos celulares llamados <b>Mitocondrias</b> . $O_2 + \text{Materia Orgánica} \rightarrow H_2O + CO_2 + \text{Energía química (que han cogido)}$	Realizan la <b>RESPIRACIÓN CELULAR</b> : Proceso que sirve para obtener energía de la materia orgánica. En los orgánulos celulares llamados <b>Mitocondrias</b> . $O_2 + \text{Materia Orgánica} \rightarrow H_2O + CO_2 + \text{Energía química (que han fabricado)}$
<b>EXCRECIÓN</b> : Eliminan sustancias de desecho que se han originado como producto del <b>Metabolismo Celular</b> .	<b>EXCRECIÓN</b> : Eliminan sustancias de desecho que se han originado como producto del <b>Metabolismo Celular</b> .

	ESPECIE	POBLACIÓN
SEMEJANZAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONJUNTO DE INDIVIDUOS (ORGANISMOS) MUY SEMEJANTES ENTRE SÍ.</li> <li>• DEBEN PODER REPRODUCIRSE ENTRE SÍ Y SU DESCENDENCIA DEBE SER FÉRTIL.</li> </ul>	
DIFERENCIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PUEDEN HABITAR LUGARES DIFERENTES.</li> <li>• NO TODOS LOS INDIVIDUOS DE LA MISMA ESPECIE FORMAN LA MISMA POBLACIÓN. PUEDEN FORMAR DIFERENTES POBLACIONES EN DIFERENTES LUGARES.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HABITAN TODOS EN UN MISMO LUGAR.</li> <li>• TODOS LOS INDIVIDUOS DE LA MISMA POBLACIÓN SÍ PERTENECEN A LA MISMA ESPECIE.</li> </ul>

**ILUSTRACIÓN 34.** Cuadros sobre alimentación-nutrición, organismos autótrofos y heterótrofos y semejanzas y diferencias entre especie y población.

### **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA DE ENTRENAMIENTO 3**

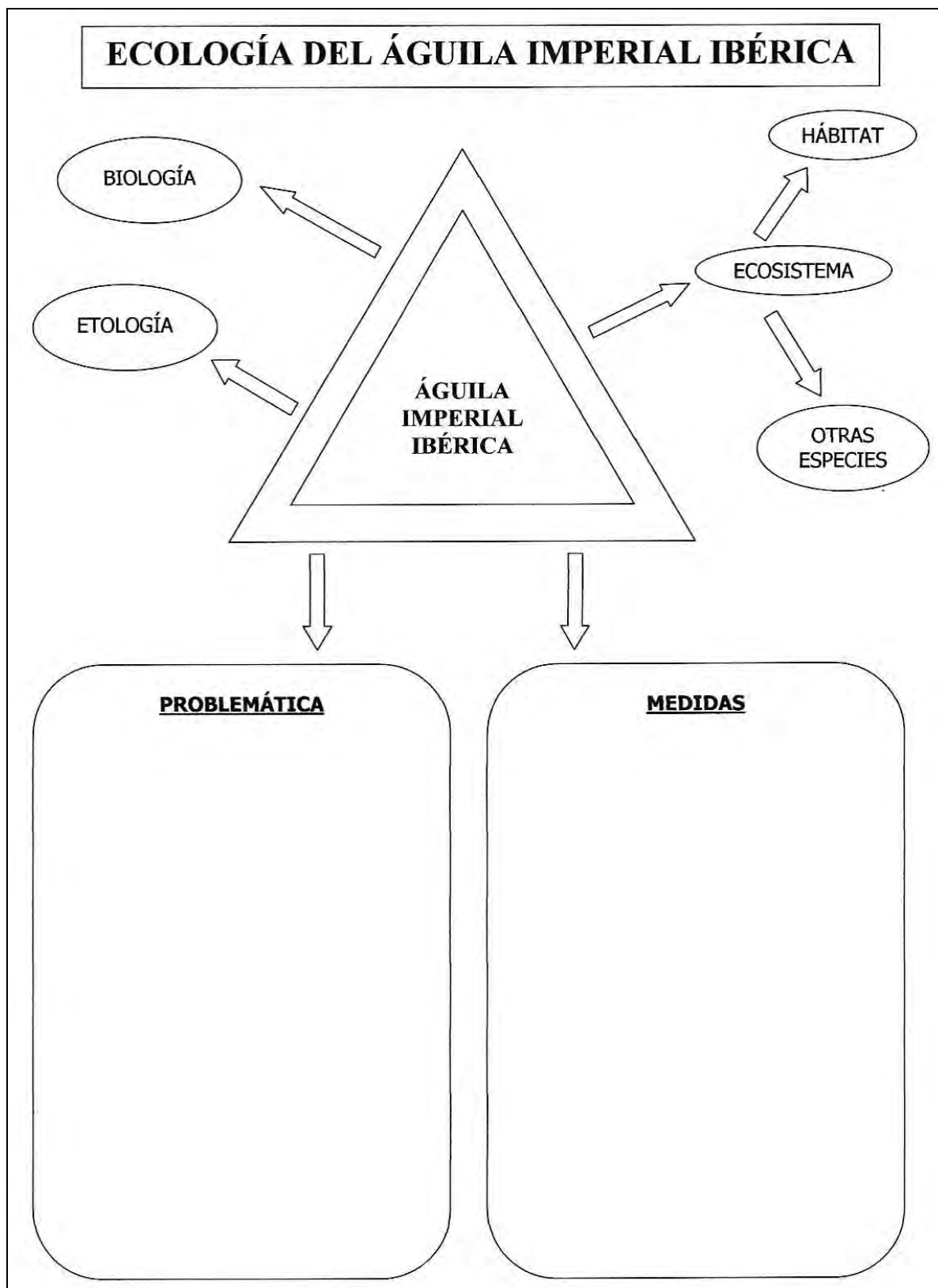
**Los servicios de limpieza echan sal cuando hay hielo en las calles.  
¿Cuál es la razón?**

- Curva de enfriamiento para el agua (Lewis & Méndez, 1998).
- Ficha con instrucciones sobre “Cómo diseñar un experimento” (Pickering & Cambra, 1998).

### **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 0 DE ECOLOGÍA**

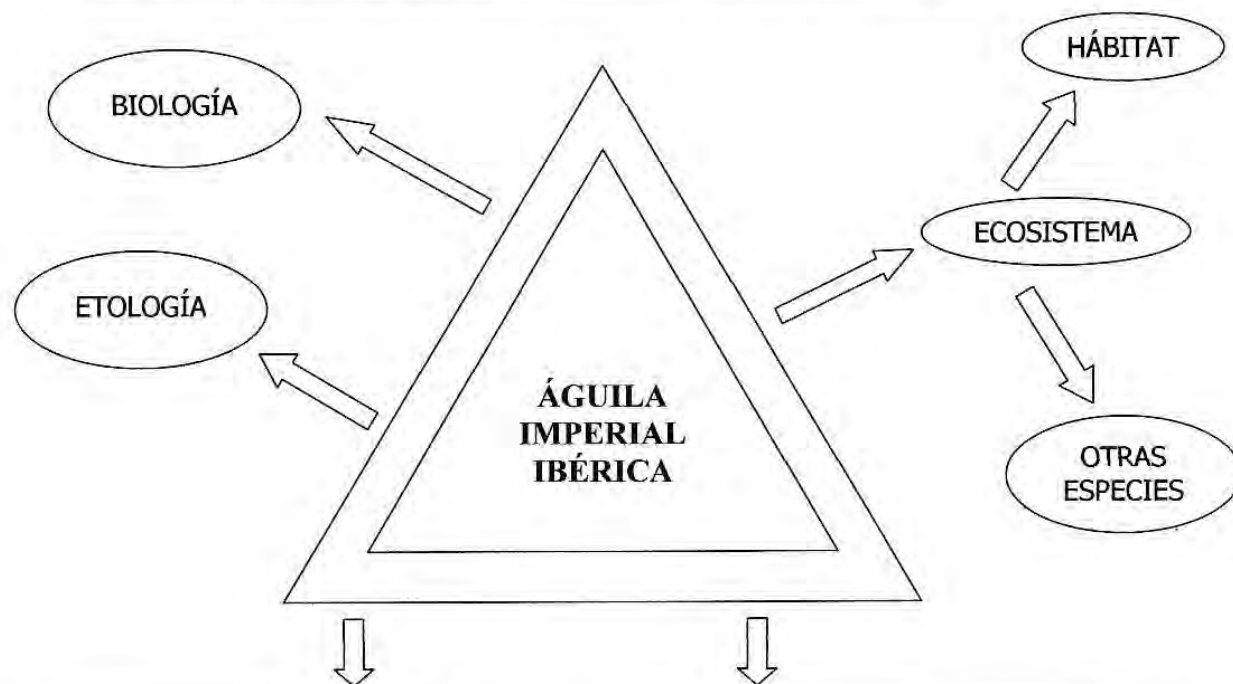
**Imagina que eres el responsable de un espacio natural y descubres que van muriendo muchos individuos de la misma población de Águila Imperial Ibérica.  
¿Cómo actuarías?**

- Ficha elaborada por el profesor-investigador (Ilustración 35) con los apartados importantes que interesaría investigar y conocer sobre el Águila Imperial Ibérica.
- Ficha para el profesor con información sobre la problemática del Águila Imperial Ibérica y medidas para su protección, conservación y recuperación (creada por el profesor-investigador). Se adjunta en la Ilustración 36.
- Información sobre la biología (alimentación, reproducción, comportamiento, etc.) y ecología del Águila Imperial Ibérica (Mariano, 1989; Rodríguez, 1991; Schulze, 1996; Álvarez & Garcés, 2000).
- Información sobre las estrategias de conservación del Águila Imperial Ibérica (Mariano, 1989; Agencia de Medio Ambiente, 1995; Recuero, 1999; Ministerio de Medio Ambiente, 2001).
- Noticia de prensa con la problemática del Águila Imperial Ibérica (Rosado, 2001).
- Información sobre la biología (alimentación, reproducción, comportamiento, etc.) y ecología del Conejo (Rodríguez, 1991).
- Información sobre los factores de regresión por enfermedades de las poblaciones de Conejo (Durantel, 1999).



**ILUSTRACIÓN 35.** Ficha de apoyo al alumnado con los apartados importantes que interesa investigar y conocer sobre el Águila Imperial Ibérica.

# ECOLOGÍA DEL ÁGUILA IMPERIAL IBÉRICA



## **PROBLEMÁTICA**

- especie autóctona y en peligro de extinción
- cainismo
- muerte de los polluelos por hambre
- caídas de nidos
- pérdida de puestas por molestias
- expolio de nidos
- reducción de las poblaciones de conejo, por epidemias, que son su principal fuente de alimento
- transformación del hábitat
- caza
- envenenamiento por contaminación
- enfermedades
- electrocución

## **MEDIDAS DE VIGILANCIA, CONSERVACIÓN, PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN**

- más investigación de la biología, etología y ecología de la especie, causas de muerte, análisis genético de las diferentes poblaciones, análisis químicos para detectar sustancias contaminantes o venenos, etc.
- radio-seguimiento de individuos, tras su marcaje, para obtener mayor información y el mantenimiento de un censo actualizado
- vigilancia de nidos y polluelos para evitar su caída y la muerte por cainismo
- recolección de huevos de nidos con elevadas puestas para evitar el cainismo y su posterior introducción en nidos cuya puesta no haya podido sobrevivir
- cria en cautividad de los huevos que sea imposible reintroducir en los nidos para su posterior reintroducción en estado adulto
- alimentación suplementaria en individuos con dificultad para encontrar alimento en su territorio o por una gran puesta de polluelos
- control de fincas y cotos de caza para la eliminación de cepos y cebos
- protección del hábitat de la especie mediante la creación de espacios naturales y su adecuada gestión
- regeneración de poblaciones de especies acompañantes, sobre todo de las de conejo por tratarse de su principal fuente de alimentación
- regeneración de hábitats y modificación de infraestructuras causantes de mortalidad o potencialmente peligrosas para esta especie
- modificación de tendidos eléctricos
- incentivar la conservación de la especie
- legislación más potente en la aprobación de planes de recuperación y la imposición de multas y penas
- información, educación y concienciación sobre la problemática de la especie
- coordinación de las actuaciones de todos los sectores involucrados
- dotación de recursos humanos y económicos suficientes para llevar a cabo todas las actuaciones propuestas

**ILUSTRACIÓN 36.** Ficha de apoyo al profesorado con información importante a conocer sobre el Águila Imperial Ibérica.

## **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 1 DE ECOLOGÍA**

**¿Podría vivir el Águila Imperial Ibérica en otro ecosistema?**

Además de toda la información aportada para la situación problemática anterior:

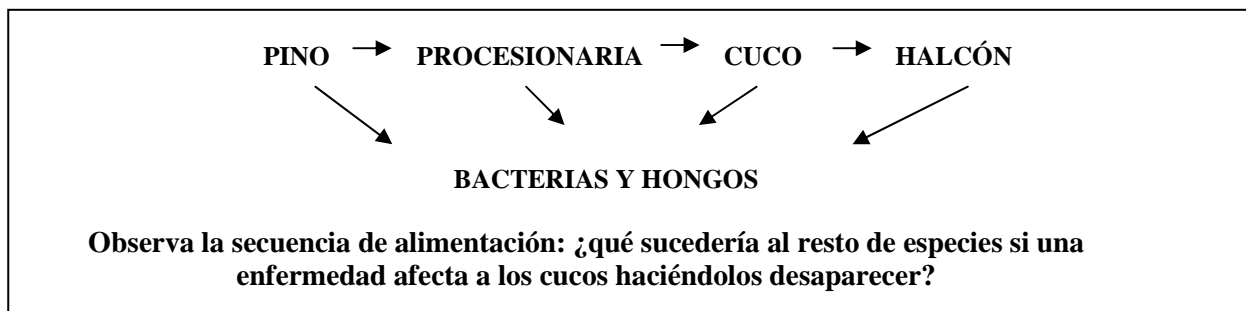
- Información sobre biomas y adaptaciones de los seres vivos a esos biomas (Alcalde, Fernández, Gómez & Méndez, 1999).
- Mapa de los biomas del mundo (Alcalde et al, 1999).

## **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 2 DE ECOLOGÍA**

**¿Qué habría que tener en cuenta para diseñar un pequeño espacio en el que poder observar individuos vivos de diferentes especies?**

- Información sobre la construcción de un vivero (Chinery, 1989).
- Información sobre la construcción de un terrario para lombrices (Chinery, 1989).
- Información sobre la construcción de un acuario de agua dulce (Chinery, 1989; Balibrea, Álvarez, Sáez, Reyes & Correa, 2003).
- Información sobre los controles fisicoquímicos del agua de un acuario, la alimentación de los peces y sus enfermedades y tratamientos principales (Ferrer, 1981).
- Información sobre la cría de insectos (Chinery, 1989).
- Gráfica con la curva de intervalo óptimo, zonas de estrés fisiológico y zonas de intolerancia para la vida de un organismo en función de diferentes factores ambientales (Berges, Carrión & Gil, 2001).

### **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 3 DE ECOLOGÍA**

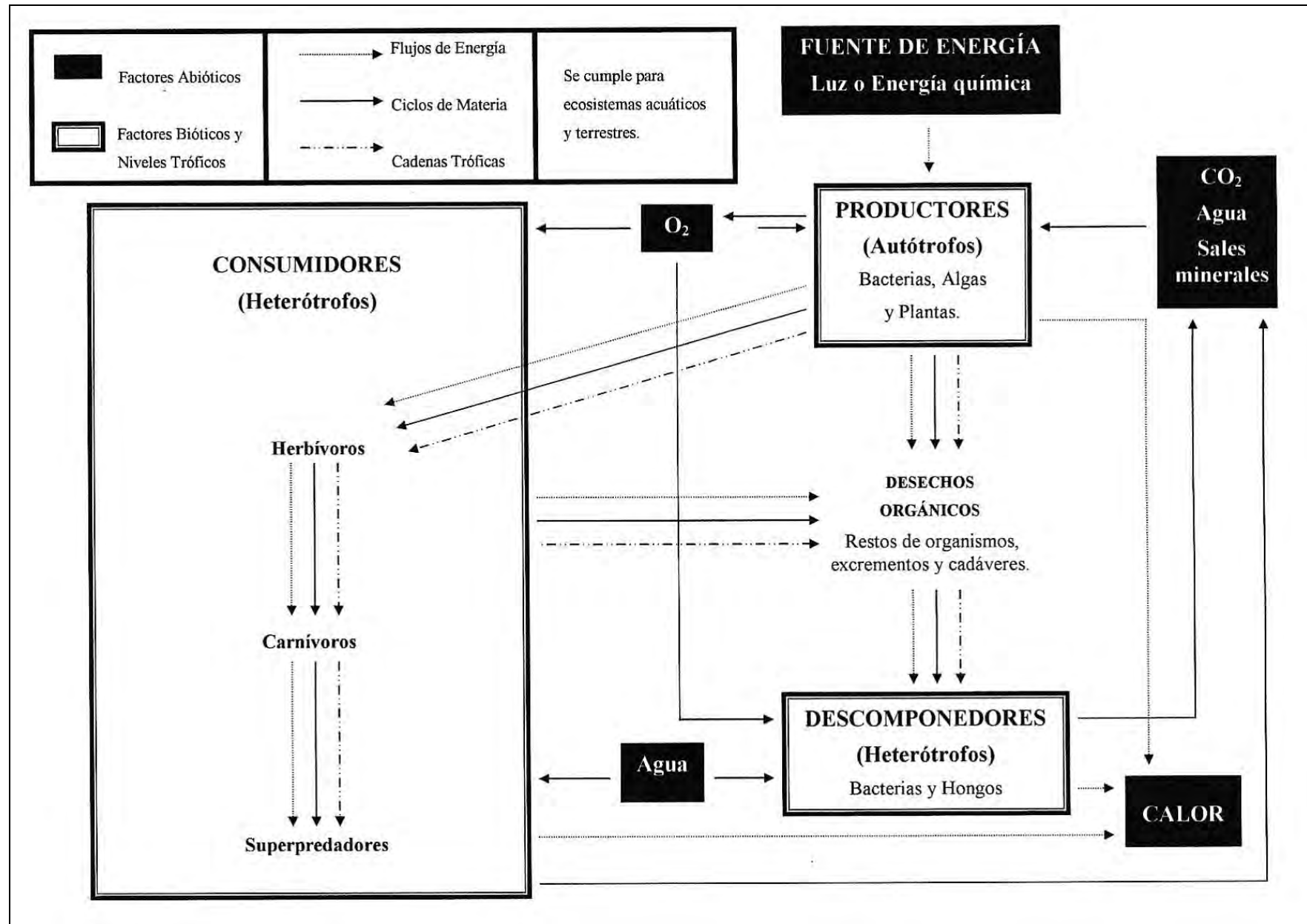


- Ejemplos de cadena trófica y red trófica (Crusellas, Escudé-Cofiner, Porredón & Vallvé, 1996; Correig, Grau & Manuel, 1998).
- Información sobre niveles tróficos (Alcalde et al, 1999).
- Información sobre la biología (alimentación, reproducción, comportamiento, etc.) y ecología del Halcón peregrino, el Cuco y la Procesionaria del pino (Rodríguez, 1991).
- Información sobre plagas (Berges et al, 1996; Miguel et al, 1996; España et al, 1995).
- Gráfica Liebre-Lince del modelo depredador-presa (Caballer et al, 1993).

### **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 4 DE ECOLOGÍA**

**¿Cuántas vacas puede mantener un prado?**  
(Luffiego y Rabadán, 2000,482)

- Esquema del recorrido de la materia y la energía a través de los ecosistemas (original del profesor-investigador). Se adjunta en la Ilustración 37.
- Información sobre biomasa y producción. Creada por el profesor-investigador con una ilustración (Miguel et al, 1996). Se adjunta en la Ilustración 38.
- Información sobre la biología (alimentación, reproducción, etc.) de las vacas (Club Internacional del libro, 1993; Margalef, 1991).
- Información sobre la historia de la boñiga de vaca (Carmen & Pedrinaci, 1995).
- Información sobre los prados (España et al, 1995; Carmen et al, 1995).



**ILUSTRACIÓN 37.** Recorrido de la materia y la energía a través de los ecosistemas.



### BIOMASA de un ecosistema, unidades y representación.

La **Biomasa** es la masa total de materia orgánica de los seres vivos (biocenosis) de un ecosistema.

También se la define como la energía química almacenada en la biocenosis de un ecosistema.

Su **unidad** se expresa en **gramos** (unidad de masa)

por **metros cuadrados** (unidad de superficie).

$$\text{Biomasa} = \frac{\text{g}}{\text{m}^2}$$

Se calcula bien por **métodos directos**, por ejemplo cortando vegetales o recolectando animales y pesándolos, o bien por **métodos indirectos** basados en el análisis de los procesos de respiración y fotosíntesis.

La biomasa de un ecosistema se puede representar de forma gráfica mediante superficies o volúmenes proporcionales a dicha biomasa. Si estas gráficas se dividen en los diferentes niveles tróficos se obtienen pirámides que denominamos **Pirámides ecológicas**.



### PRODUCCIÓN de un ecosistema y unidades.

La **Producción** es el aumento de la Biomasa

de un ecosistema a lo largo del tiempo.

Su **unidad** se expresa en **gramos** (unidad de masa)

por **metros cuadrados** (unidad de superficie) y por **años** (unidad de tiempo).

$$\text{Producción} = \frac{\text{Biomasa}}{\text{tiempo}}$$

$$\text{Producción} = \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \cdot \text{año}}$$

Atendiendo a qué nivel trófico nos referimos se habla de:

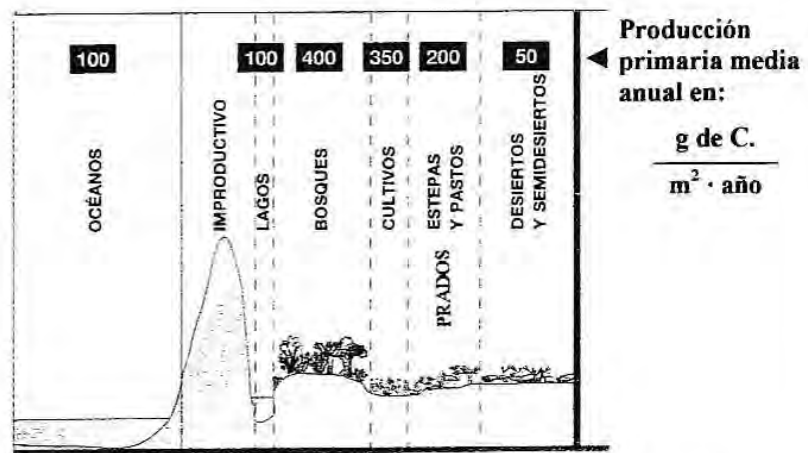
-**Producción primaria:** biomasa de los organismos productores (autótrofos) que se produce en el tiempo.

-**Producción secundaria:** biomasa de los organismos consumidores que se produce en el tiempo.

El gráfico adjunto indica la producción primaria de la Biosfera dividiéndola en los distintos ecosistemas o biomas de amplia distribución y caracteres comunes.

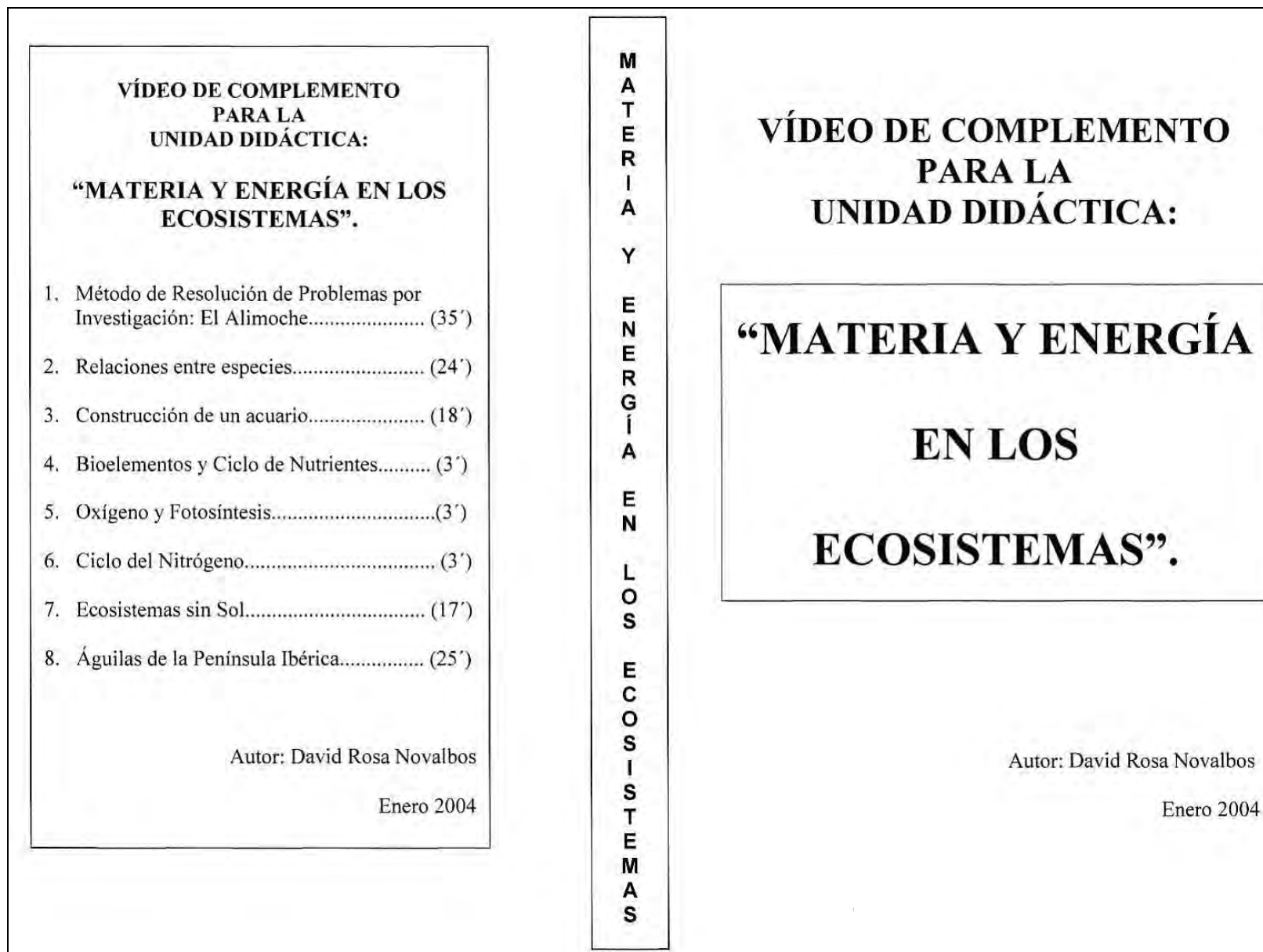
En la casilla de cada bioma se indica la producción media anual calculada por los ecólogos para cada uno de ellos, en **gramos de carbono por metro cuadrado y año**.

Hay que tener en cuenta que **1 gramo de carbono por m<sup>2</sup> y año** son **2,4 gramos de biomasa al año**.



$$1 \text{ g de C. / m}^2 \cdot \text{año} = 2,4 \text{ g de Biomasa al año}$$

**ILUSTRACIÓN 38.** Información sobre los conceptos de biomasa y producción.



*ILUSTRACIÓN 39. Carátula del vídeo de complemento.*



## **ANEXO III**

**Desarrollo de las Situaciones  
Problemáticas de la Unidad  
Didáctica "Materia y Energía en  
los Ecosistemas"**



## **ORIENTACIONES PARA EL PROFESORADO**

### **Recursos con los que contarán los alumnos para la resolución de las situaciones problemáticas**

- Plantilla para la resolución de situaciones problemáticas (Ilustración 40, Anexo VI).
- Libro de texto de los alumnos.
- Cualquier otra información que el alumno pueda encontrar por su cuenta (internet, enciclopedias en papel o informáticas, etc.).
- Material complementario para cada una de las situaciones problemáticas propuestas, como por ejemplo los del Anexo II, que el profesor aporta a demanda del alumnado.
- Aclaraciones y explicaciones del profesor.

### **Metodología MRPI en el aula y desarrollo de la actividad**

La metodología y dinámica del aula ha sido detallada en el Capítulo 3, en el Apartado 3.3.2., pero sus aspectos generales son:

- El tratamiento y resolución de cada situación problemática en el aula se desarrolla en grupos cooperativos de alumnos de 2 a 5 personas, los mismos para todas las situaciones problemáticas. Se juntan por grupos en el aula.
- Buscan información y emplean los materiales de consulta encontrar soluciones a las situaciones problemáticas.
- La resolución de cada situación problemática se lleva a cabo empleando la plantilla de resolución de situaciones problemáticas para elaborar un informe en el que se recojan todas las fases de su resolución
- El tiempo estimado para su resolución es de dos sesiones u horas lectivas, aunque siempre dependerá de los ritmos de los alumnos y otros condicionantes propios del contexto escolar.
- Finalizadas las dos sesiones se fija un plazo adecuado de tiempo, entre 2 y 4 días, para que los alumnos elaboren en casa el informe de resolución de la situación problemática. Uno por grupo. Cuidando muy bien su presentación.

- Al final de la actividad cada grupo de trabajo debe informar al grupo-clase de sus conclusiones.
- Posteriormente, según el plazo de entrega y el tiempo necesario para su corrección, se emplea parte de una sesión (hora lectiva) para conclusiones y aclaraciones del profesor que deben conocer los alumnos para mejorar su aprendizaje.

### **El rol del profesor que trabaja con la MRPI**

El papel o rol del profesor durante el trabajo en el aula de los alumnos para la resolución de las situaciones problemáticas con la MRPI, ya se explicó detalladamente en el Capítulo 3, en su Apartado 3.3.2. En general, tiene dos tipos de funciones:

#### **1. Organizativas del aula y de la actividad:**

- Controlar la organización del aula, así como el clima de trabajo.
- Explicar cómo se desarrollará la actividad y su objetivo.
- Organizar el desarrollo de la resolución de cada situación problemática, de cada grupo y del grupo-aula.
- Actuar de moderador en las argumentaciones de los alumnos.

#### **2. Canalizadora de ideas e información:**

- Facilitar información cuando lo requieran los alumnos.
- Resolver cuestiones y dudas mediante sugerencias y nuevas cuestiones, es decir, no responder directamente cualquier pregunta relacionada con el problema.
- Generar nuevas ideas o perspectivas según el trabajo de cada grupo.
- Extraer conclusiones de cada grupo de trabajo con las ideas importantes que aportan y que deben conocer todos los alumnos de la clase.
- Aclarar los conceptos e ideas de interés que conviene que aprendan relacionados con cada situación problemática trabajada.

### **Evaluación de las situaciones problemáticas con la MRPI**

Los aspectos didácticos de la selección y secuenciación de los contenidos, la metodología y la evaluación están íntimamente relacionados y se afectan mutuamente. Luego toda decisión que se tome o cambio que se produzca en cualquiera de ellos deberá tomar en consideración a los otros si no se quiere producir serios desajustes

educativos. Por tanto, la adopción de la metodología MRPI para el proceso de enseñanza-aprendizaje implica emplear el tipo de evaluación de las situaciones problemáticas que se expone en este trabajo, para comprobar así el aprovechamiento de los alumnos a través de los informes de resolución de cada situación problemática. Esto supondrá, con toda seguridad, un considerable cambio respecto a la forma de evaluación a la que se está acostumbrado por el modelo tradicional de enseñanza. No obstante, hay que tener en cuenta que este apartado de la evaluación seguramente será la mayor dificultad con la que se encuentre el profesor.

La evaluación de dichos informes de resolución de las situaciones problemáticas, tanto individual como en grupos, se debe realizar por medio de la plantilla de evaluación de situaciones problemáticas (Ilustración 4) del Capítulo 2, en el Apartado 2.7.1. Con ella se puede diferenciar el nivel de resolución de cada dimensión competencial.

Además, esta forma de evaluar ayudará a revisar todo el proceso realizado como los tiempos empleados, los materiales utilizados, el propio trabajo en grupo, la dinámica del aula, las impresiones del profesor, las opiniones de los alumnos, etc.

Incluso, para tratar de ayudar al profesorado en la calificación escolar de los informes de resolución de las situaciones problemáticas, se ha creado una rúbrica escolar que se adjunta en el Anexo VI.

## **RESOLUCIÓN DE LAS SITUACIONES PROBLEMÁTICAS**

Las resoluciones que se presentan a continuación, de cada una de las situaciones problemáticas presentadas para abordar los conocimientos de la UD de ecología en 2º de ESO, se han elaborado siguiendo las fases de la "Plantilla definitiva de resolución de situaciones problemáticas" de los alumnos (Ilustración 40, que se adjunta en el Anexo VI de esta memoria). El nivel de resolución conceptual se considera adecuado para el curso de 2º ESO.

En cada situación problemática, previamente a su resolución, se exponen las razones por las que se ha elegido y diseñado de esa manera, los contenidos que trabaja y los objetivos que se pretenden conseguir.

La intención es proporcionar al profesorado una herramienta de trabajo que permita prever y abarcar todas las posibles soluciones que se puedan producir en el aula por los alumnos, evitando improvisaciones. No obstante, el diferente nivel de resolución al que llegue cada alumno o grupo de alumnos está perfectamente enmarcado en una metodología como la MRPI con enormes potencialidades para la atención a la diversidad del alumnado.



## **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 0**

**Imagina que eres el responsable de un espacio natural y descubres que van muriendo muchos individuos de la misma población de Águila Imperial Ibérica. ¿Cómo actuarías?**

### **Aclaraciones de su diseño**

Las razones por las que se ha elegido esta situación problemática para la investigación son varias:

- Obligaré a un estudio bastante pormenorizado de esta especie animal, emblemática en nuestro país por su carácter de especie autóctona y en peligro de extinción.
- La adecuada comprensión de su biología, etología (comportamiento) y su problemática actual también obliga necesariamente a estudiar el hábitat que ocupa, sus requerimientos ambientales y las especies con las que convive (presas, competencia, etc.).
- En conjunto forman el rico ecosistema del bosque mediterráneo, característico de buena parte de la Península Ibérica.
- Esta situación problemática es bastante típica en el campo de conocimiento de la ecología por su dificultad de ser cerrada, ya que no dispone de algoritmos que permitan obtener valores exactos como en otras ciencias. Por lo que la manera de resolverla será la búsqueda y análisis de fuentes de información.

### **Contenidos**

- Especie y Población.
- Águila Imperial Ibérica.
- Hábitat.
- Nicho Ecológico.
- Ecosistema Bosque Mediterráneo.
- Especie autóctona y Endemismo.
- Especie en peligro de extinción.
- Introducción de especies.
- Espacio natural.
- Conservación de la naturaleza.
- Intervención humana en el medio natural y problemas ambientales.
- Dependencia y uso responsable del medio natural.
- Ecología y Medio ambiente.

## **Objetivos**

- Conocer al Águila Imperial Ibérica como una de las especies más emblemáticas del territorio español.
- Reconocer la importancia del medio natural y de la conservación de la naturaleza.
- Conocer contenidos importantes sobre ecología.
- Abordar el estudio de la introducción de especies.
- Reconocer y comprender la influencia humana en los ecosistemas y a nivel planetario.
- Comprender el concepto de Problema ambiental.
- Reconocer y comprender que nuestra especie depende del medio natural.

## **Resolución**

Se debe realizar una investigación que seguirá las fases de la Plantilla de Resolución de Problemas a entregar a los alumnos:

### ***TRATO DE ENTENDER EL PROBLEMA O LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA***

#### **1. LA ANALIZO CON LO QUE SÉ (ANTES DE BUSCAR CUALQUIER INFORMACIÓN)**

##### **1.1. REPRESENTAR LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA PARA COMPRENDERLA**

**Explico a qué se refiere el problema o situación problemática.**

El problema aborda un conjunto de muertes de muchos de los individuos que forman la población de Águila Imperial Ibérica del espacio natural del que se es responsable. Como se desconoce, en principio, la causa de su muerte se deben investigar todas las posibles causas para realizar las actuaciones necesarias que permitan evitar un mayor número de muertes. Además, en este caso se hace prioritaria una rápida actuación al tratarse de una de las especies de aves más amenazadas del planeta de peligro de extinción, cuya pérdida de cualquier individuo somete a una mayor presión a su población con nefastas consecuencias para las posibilidades que pudiese tener de recuperación.

El problema se refiere a que hay espacios naturales que están gestionados por el ser humano para su adecuado mantenimiento, y la aparición de muchos individuos muertos de cualquier especie es indicativo de algún problema importante para dicho mantenimiento del conjunto del espacio natural, debido a las complejas relaciones de todo tipo que mantienen los seres vivos entre sí (alimenticias, reproductivas, territoriales, cooperativas, etc.) y con el ambiente en que viven.

**Además, indico y explico los conceptos científicos que tengo que tener en cuenta para solucionarlo, es decir, lo que ya sé y lo que debería saber tras**

**la investigación con experimentos o búsqueda de información bibliográfica.**

Se debe tener en cuenta lo que significa realmente "individuo", "especie", "población", "ser responsable" y "ecosistema", conceptos todos ellos trabajados con anterioridad, así como el de "espacio natural".

Los conceptos y procesos científicos del problema son todos aquellos relacionados con la especie en cuestión, el Águila Imperial Ibérica, y con la ecología de esta especie:

- **Biología:**

- |                               |                           |
|-------------------------------|---------------------------|
| -población inicial            | -tasa de crecimiento      |
| -edad reproductora            | -tasa reproductora        |
| -enfermedades típicas         | -alimentación             |
| -vida media de los individuos | -adaptaciones al ambiente |

- **Etología o comportamiento de la especie:**

- |                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| -hábitos territoriales           | -hábitos de pareja          |
| -estrategia reproductora de la K | -hábitos alimenticios       |
| -hábitos de caza y defensa       | -hábitos de cría            |
| -hábitos de higiene              | -sedentarismo o migraciones |

- **Ecosistema del que forma parte, en este caso del Bosque Mediterráneo:**

- relaciones intraespecíficas e interespecíficas
- nivel trófico que ocupa
- red trófica de la que forma parte
- nicho ecológico que realiza
- otras especies depredadoras competidoras
- abundancia de conejos como su presa fundamental
- hábitats escasamente contaminados y poco habitados con masas arbóreas para criar y campos abiertos para cazar
- factores abióticos limitantes
- Bioma o Ecosistema del Bosque Mediterráneo
- Otros Biomas
- Biosfera y Ecosfera
- Ecología de la especie
- Medio ambiente

- **Problemática de esta especie:**

- especie autóctona y en peligro de extinción
- cainismo
- muerte de los polluelos por hambre

- reducción de las poblaciones de conejo, por epidemias, que son su principal fuente de alimento
- transformación del hábitat
- caza
- envenenamiento por contaminación
- enfermedades
- electrocución
- expolio de nidos
- caídas de nidos
- pérdida de puestas por molestias

- **Medidas de vigilancia, conservación, protección y regeneración de las poblaciones de esta especie:**

- más investigación de la biología, etología y ecología de la especie, causas de muerte, análisis genético de las diferentes poblaciones, análisis químicos para detectar sustancias contaminantes o venenos, etc.
- radio-seguimiento de individuos, tras su marcaje, para obtener mayor información y el mantenimiento de un censo actualizado
- vigilancia de nidos y polluelos para evitar su caída y la muerte por cainismo
- recolección de huevos de nidos con elevadas puestas para evitar el cainismo y su posterior introducción en nidos cuya puesta no haya podido sobrevivir
- cría en cautividad de los huevos que sea imposible reintroducir en los nidos para su posterior reintroducción en estado adulto
- alimentación suplementaria en individuos con dificultad para encontrar alimento en su territorio o por una gran puesta de polluelos
- control de fincas y cotos de caza para la eliminación de cepos y cebos
- protección del hábitat de la especie mediante la creación de espacios naturales y su adecuada gestión
- regeneración de poblaciones de especies acompañantes, sobre todo de las de conejo por tratarse de su principal fuente de alimentación
- regeneración de hábitats y modificación de infraestructuras causantes de mortalidad o potencialmente peligrosas para esta especie
- modificación de tendidos eléctricos
- incentivar la conservación de la especie
- legislación más potente en la aprobación de planes de recuperación y la imposición de multas y penas
- información, educación y concienciación sobre la problemática de la especie
- coordinación de las actuaciones de todos los sectores involucrados
- dotación de recursos humanos y económicos suficientes para llevar a cabo todas las actuaciones propuestas

## **1.2. REFORMULAR EL PROBLEMA PARA TRABAJARLO MEJOR**

**Ya que la situación problemática inicial es muy amplia, decido lo que quiero investigar. Cambio su enunciado para definir exactamente lo que voy a investigar.**

"Se debe determinar la causa de muerte de los individuos de Águila Imperial Ibérica del espacio natural del que se es responsable, así se podrá establecer las medidas más oportunas para evitar más muertes y poder regenerar su población."

## **1.3. RESTRINGIR LAS CONDICIONES DE ESTUDIO DEL PROBLEMA QUE HE DECIDIDO INVESTIGAR**

**Indico los conceptos científicos que tengan verdadera importancia para el problema que he decidido investigar, así evito estudiar otras cosas que no influyan.**

La primera restricción que podría ser interesante es que los individuos de Águila Imperial Ibérica encontrados muertos son todos adultos, no viejos, y todavía no se han encontrado cadáveres de individuos juveniles o polluelos. Luego, en principio, no se contemplarían todas aquellas causas de muerte relacionadas con los huevos y los polluelos o por haber llegado a una edad avanzada.

Puesto que no hay ningún otro individuo de otras especies incluido en esas muertes es prácticamente imposible considerar que la causa haya sido la variación de algún factor ambiental del hábitat que ocupan.

Esto llevaría a orientarse más hacia una causa natural (inanición, enfermedad, lucha contra iguales, etc.) o bien provocada por el factor humano directo (caza, envenenamiento, etc.) o indirecto (contaminación, eliminación de su alimento, electrocución, etc.).

Luego este problema daría juego para abordar, en función de las restricciones que se apliquen para cerrarlo, dos aspectos de interés relacionados con el tema:

-Si se aplica la restricción de que no se ha encontrado ninguna muestra externa en el cuerpo de las aves muertas (heridas por lucha, orificios de balas o perdigones, quemaduras por electrocución, fuertes traumatismos por impactos contra vehículos o infraestructuras, etc.), se centraría el estudio en todo lo relacionado con los Niveles tróficos, Cadenas y redes tróficas e incluso el concepto de Nicho ecológico. En este caso las causas podrían estar relacionadas con el posible envenenamiento de las aves por causa humana, enfermedades propias de la especie o inanición por una reducción de las poblaciones de sus principales presas. La causa es difícil de establecer a simple vista por lo que se requerirían estudios poblacionales y análisis químicos para poder determinar la causa de muerte de estos individuos.

-Si se aplica la restricción de que sí se han encontrado muestras externas en el cuerpo de las aves muertas, se centraría la investigación en la posible lucha

con otros individuos de su especie o en todo lo relacionado con las actividades humanas que impactan de forma negativa directa o indirectamente en esta población de aves (trampas, disparos, electrocución, fuertes traumatismos por impactos con vehículos u otras infraestructuras, etc.). Todas estas causas serían mucho más fáciles de establecer a simple vista, así como las medidas apropiadas para solucionar el problema y regenerar la población de Águila Imperial Ibérica.

**Además, indico los casos extremos que debo considerar desde el punto de vista teórico para que tenga sentido el problema.**

En el desarrollo de este problema se estudiará la primera de las restricciones propuestas por tener mayor interés al no conocer la causa de muerte de forma inmediata, lo que dificultaría la toma de medidas apropiadas para la resolución del problema.

Esta restricción está más indicada para seguir la secuencia lógica propuesta para el tratamiento de esta UD de 2º de ESO, no obstante se podría retomar el problema para abordar la investigación de la segunda opción cuando llegue el momento de tratar los impactos ambientales y la extinción de especies, más propia de cursos superiores.

No se podría resolver el problema en el caso en que los individuos muertos de Águila Imperial Ibérica constituyeran toda la población de esta especie de mi espacio natural. No obstante, la investigación de las causas sería muy útil para elaborar un estudio e informe que pudiese ser útil para la gestión de otros espacios naturales en los que sí se encuentre esta especie, con el fin de prevenir y evitar lo mismo que ha ocurrido en mi espacio natural.

## **2. PIENSO Y FORMULO MIS HIPÓTESIS (ANTES DE BUSCAR CUALQUIER INFORMACIÓN)**

**Indico las posibles explicaciones que puedan resolver la situación problemática que he decidido investigar, las cuales se comprobarán si son válidas. Es decir, ¿cuál es la causa o qué puede ocurrir y por qué?**

H<sub>1</sub>: Si la causa fuese una enfermedad propia de esta especie sí se explicaría que sólo aparecieran individuos muertos de Águila Imperial Ibérica, siempre y cuando la enfermedad no sea transmisible a otras especies ni siquiera al ser ingeridos sus cadáveres. No obstante, también deberían aparecer individuos juveniles muertos.

H<sub>2</sub>: Si la causa fuese el envenenamiento por cebos o contaminación no deberían aparecer exclusivamente cadáveres adultos de esta especie también aparecerían individuos juveniles e incluso huevos deformes o sin eclosionar. Además deberían aparecer muchos otros individuos de otras especies que perfectamente podrían haberse alimentado de los cebos envenenados. No obstante, una vez muertos podrían haber servido de

alimento a otras especies carroñeras, como se trata también del Águila Imperial Ibérica. Por tanto, habría que estudiar sus cadenas y redes tróficas.

H<sub>3</sub>: Inanición por una reducción del número de sus presas, principalmente conejo. Si la causa fuese la inanición o muerte por hambre tampoco deberían aparecer exclusivamente cadáveres de individuos adultos de esta especie, pues no podrían alimentar a sus crías. Además, debería haberse detectado con anterioridad una merma en la población de conejos en este espacio natural.

Muchas de las posibles causas se han obviado con las restricciones establecidas por su fácil detección y conocimiento de las medidas que se pueden tomar.

Además, es evidente que si es una enfermedad propia de la especie, en función de su virulencia, podría acabar con una buena proporción de la población de Águila Imperial Ibérica de este espacio natural. No obstante, debería tratarse de una enfermedad que sólo afectase a los adultos, ya que todavía no se han encontrado cadáveres de juveniles o polluelos.

El envenenamiento por cebos o contaminación necesariamente tendría que ocasionar muertes a individuos de otras especies, que en principio aún no se han encontrado, lo cual delimitaría en gran medida las posibles causas.

También, es evidente que si esta especie perdiese sus principales fuentes de alimento sufriría una merma importante en su población por inanición, principalmente por el poco éxito en la cría de los polluelos.

### **RESUELVO LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

### **3. PIENSO Y DISEÑO UN EXPERIMENTO O ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO QUE ME PERMITIRÁ COMPROBAR UNA DE MIS HIPÓTESIS, PARA ASÍ IR RESOLVIENDO EL PROBLEMA QUE TENGO (CADA HIPÓTESIS TENDRÁ SU PROPIO EXPERIMENTO O ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO)**

#### **3.1. Elijo e indico la hipótesis que voy a investigar.**

A continuación se realiza un diseño de investigación que permita resolver las tres hipótesis.

#### **3.2. Explico mi experimento o plan de investigación bibliográfica y todos los pasos que voy a seguir, qué voy a medir o la información que voy a buscar, con qué aparatos o en qué fuentes de información, qué material necesito, cómo voy a recoger y presentar los datos, represento con dibujos o esquemas mi plan de investigación (si lo creo conveniente), etc.**

1. El primer paso sería vigilar y controlar los nidos de Águila Imperial Ibérica, que pudiesen haber quedado desatendidos, para evitar la muerte de los inmaduros.

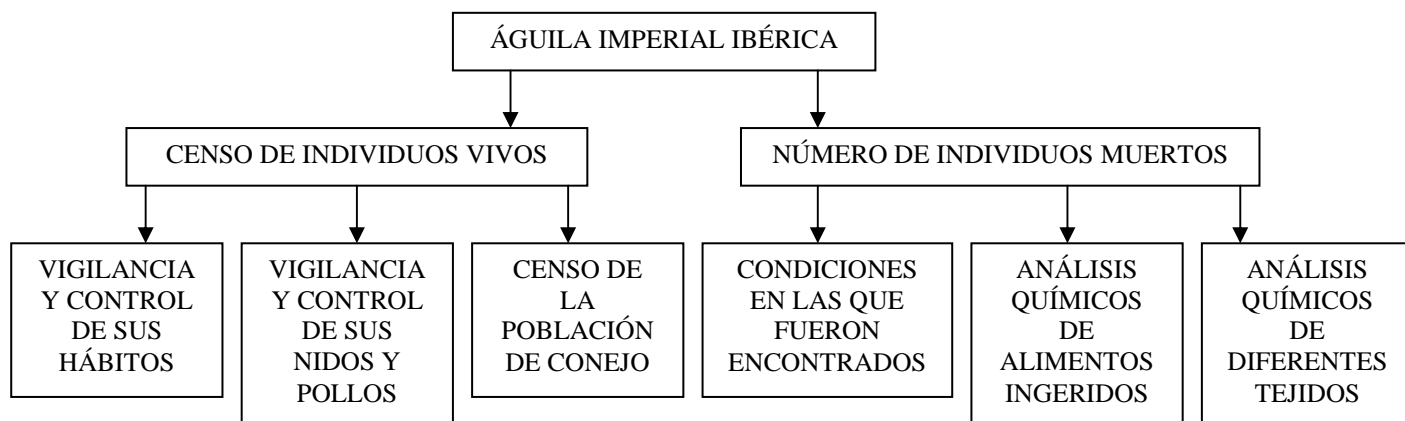
2. El segundo paso sería realizar los análisis químicos oportunos de los cadáveres.
3. El tercer paso sería realizar un estudio lo más pormenorizado posible de todo el espacio natural para ver si se detectan más cadáveres de esta u otras especies.
4. El cuarto paso sería realizar un censo de la población actual de Águila Imperial Ibérica para analizar su situación actual y así poder extraer conclusiones del impacto que han tenido estas muertes en su población.
5. Por último, se realizaría un censo de la población actual de conejo con el fin de determinar si su bajo número ha podido contribuir al número de muertes por inanición e, incluso, para prevenir su posible transformación en plaga debido al elevado descenso de la población de esta ave como uno de sus depredadores.

Convendría investigar:

- Número de cadáveres encontrados de Águila Imperial Ibérica, mediante una rigurosa toma de datos, fotografías, etc. de las condiciones en las que son encontrados. Analizar su posible influencia en el estado de su población en mi espacio natural.
- Restos de alimentos en los nidos y en los aparatos digestivos de los cadáveres, mediante análisis químicos en laboratorio al que se enviarían las muestras, para determinar si contienen contaminantes o venenos.
- Hábitos de individuos vivos y sus nidos mediante avistamiento y radio-seguimiento, con GPS, prismáticos, cámaras de vídeo, etc. para determinar los lugares en que aparecen los cadáveres.
- Censo de la población de Águila Imperial Ibérica de mi espacio natural, mediante avistamiento, marcaje, etc.
- Censo de la población de conejo de mi espacio natural.
- Vigilancia y control de los huevos y polluelos que queden huérfanos, tanto por si mueren prematuramente por enfermedad o envenenamiento como para evitar que mueran de inanición por desatención a causa de la muerte de sus progenitores.

Los dibujos se les dejaría a la creatividad de los alumnos, pero se presenta un pequeño esquema del plan de trabajo.





### 3.3. Explico si hay más formas de resolverlo y si se parece a otros problemas que he visto antes.

Sí, si se hubiesen propuesto otras restricciones, que probablemente fuesen más fáciles de resolver por la evidencia de las heridas que presentasen los cadáveres de los individuos encontrados.

## 4. REALIZO EL EXPERIMENTO O LA INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA PARA LA HIPÓTESIS ELEGIDA

### 4.1. Desarrollo todos los pasos del experimento o de la investigación bibliográfica que he diseñado y describo todo el proceso: observaciones, medidas, datos o información de interés, gráficas, tablas, errores, cosas que me van sucediendo durante la investigación, etc.

Se trata de un experimento imposible de poner en práctica por el alumnado, aunque a nivel conceptual tiene grandes potencialidades. Luego, lo más importante sería basarse en toda la información obtenida de la bibliografía para intentar determinar la verdadera causa, o al menos la más probable, de las muertes que se han producido en esta población de Águila Imperial Ibérica.

### 4.2. Aporto todos los datos obtenidos del experimento o de la investigación bibliográfica.

En este apartado se podrían añadir las fotografías, gráficas, tablas u otras informaciones, de la prensa o la bibliografía, de individuos de esta especie muertos por las tres causas consideradas como hipótesis (envenenamiento, enfermedad e inanición). Se añadirían todos los datos numéricos, porcentuales, estadísticos, etc. de los que se pudiese extraer información especialmente relevante para la resolución del problema (número de individuos censados, principales presas que componen su dieta, número de muertes por envenenamiento, enfermedades o inanición, etc.). La investigación además debe haber determinado las cadenas o redes tróficas de las que forma parte el Águila Imperial Ibérica para intentar predecir las consecuencias que sobre el ecosistema pudiesen generarse.

La **Estrategia para la conservación del Águila Imperial Ibérica en España** nos aporta la importante información del censo poblacional actual en torno a las 152 parejas, así como los principales motivos de mortalidad no natural de esta ave:

- Accidentes por electrocución.
- Disparos.
- Cepos y trampas.
- Envenenamientos: 69 casos de muerte en los últimos 10 años.

Y en el documento de la **Conservación del Águila Imperial Ibérica en la Comunidad de Madrid** se encuentran bastantes datos del número y porcentaje de individuos muertos en España, por las diferentes causas posibles, desde 1981 a 1994:

- Accidentes por electrocución: 76 casos de muerte (42 % de las muertes totales).
- Disparos: 39 casos de muerte (22 % de las muertes totales).
- Cepos y trampas: No se aportan datos, aunque probablemente se encuentren incluidos en el punto de otras causas o en el de causas desconocidas.
- Envenenamientos: 16 casos de muerte (9 % de las muertes totales).
- Inanición: 11 casos de muerte (6% de las muertes totales y todos antes de 1988).
- Otras causas: 14 casos de muerte (8% de las muertes totales).
- Causas desconocidas (probablemente por datos indirectos, la no toma de datos, etc.): 26 casos de muerte (14 % de las muertes totales).

En este mismo documento se aportan solo los datos obtenidos en la Comunidad de Madrid de 1990 a 1994:

- Electrocución: 36 % de los casos.
- Disparo: 11 % de los casos.
- Veneno: 30 % de los casos.
- Otras causas: 11 % de los casos.
- Desconocida: 11 % de los casos.

En el documento **Alas a la Esperanza** se estima:

- Electrocución: 50 % de los casos.
- Disparo: 30 % de los casos.
- Venenos, cepos y otras causas: 2% restante de los casos.

## **ANALIZO TODO EL PROCESO REALIZADO**

### **5. ANALIZO LOS DATOS OBTENIDOS PARA ESA HIPÓTESIS Y TRATO DE SOLUCIONAR LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

#### **5.1. Comparo los datos obtenidos con la hipótesis elegida y explico si se cumple o no esa hipótesis.**

En este punto se podría analizar toda la información encontrada y presentada en el punto anterior por si hubiese contradicciones o importantes coincidencias en los datos analizados.

De hecho según los datos expuestos se puede observar que la mayor causa de muerte de esta ave en todos los casos es la electrocución en los tendidos eléctricos de alta tensión, seguido de cerca por los casos de envenenamiento y disparo.

Tomados los datos aportados en los puntos precedentes, como si hubiesen sido obtenidos en el espacio natural, se puede observar claramente que las causas de muerte por electrocución o por disparos no se pueden ajustar a mi caso debido a la evidencia de que los cadáveres del Águila Imperial Ibérica encontrados no presentan quemaduras externas ni orificios de ningún tipo de proyectil.

En los datos obtenidos los casos de inanición son reducidos y mucho más en los últimos años de la investigación y, además, no se encuentra información sobre casos de enfermedades, los cuales probablemente se hallen incluidos en "Otras causas" o en los "Casos desconocidos".

Por lo tanto, se podría concluir, con bastante probabilidad de no equivocarse, que la causa de la muerte de estas aves va a estar relacionada con algún tipo de envenenamiento. Luego se cumpliría la segunda de las hipótesis.

#### **5.2. Indico si son lógicos o no los resultados obtenidos y explico mis conclusiones sobre la solución a esta situación problemática reformulada en el punto 1.2.**

Sí son lógicos los resultados obtenidos, tanto por la veracidad de las fuentes de información como por la evidencia de las causas que han originado este conjunto de muertes en la población de Águila Imperial Ibérica de mi espacio natural. De hecho, el único eslabón que quedaría suelto sería la no aparición en mi espacio natural, por el momento, de cadáveres de individuos juveniles, pollos o huevos inviables de Águila Imperial Ibérica ni de otras especies, lo cual podría deberse a:

- que el envenenamiento se haya producido de forma fulminante, sin dar tiempo a las aves a regresar con las presas a sus nidos, aunque esto no explicaría del todo la no existencia de otras especies afectadas.

-que el veneno sí haya afectado a los juveniles y pollos, y a otras especies, pero aún no los hayamos encontrado.

-que el envenenamiento se haya producido en otro lugar fuera de la gestión del espacio natural y por ello no haya otras especies afectadas, aunque esto no explicaría del todo la no existencia de juveniles y pollos afectados a no ser que el veneno tuviese cierta actuación rápida.

Parece que de estas tres opciones la más lógica fuese una unión entre las tres posibilidades, un envenenamiento en un lugar lo suficientemente alejado como para no dar tiempo a las aves a regresar a sus nidos y cuya detección de los cadáveres se realizó relativamente rápido como para no dar tiempo a otras especies a verse afectadas por el consumo de los cadáveres de Águila Imperial.

Luego sólo quedaría seleccionar las medidas de vigilancia, conservación, protección y regeneración más apropiadas y acordes a las causas que han motivado las muertes. Entre ellas serían de especial interés:

- radio-seguimiento de los individuos no afectados, tras su marcaje, para obtener mayor información y el mantenimiento de un censo actualizado
- vigilancia de nidos y polluelos para evitar su caída y la muerte por cainismo
- recolección de huevos de nidos con elevadas puestas para evitar el cainismo y su posterior introducción en nidos cuya puesta no haya podido sobrevivir
- cría en cautividad de los huevos huérfanos que sea imposible reintroducir en los nidos, para su posterior reintroducción en estado adulto
- alimentación suplementaria en individuos con dificultad para encontrar alimento
- regeneración de poblaciones de conejo, su principal fuente de alimentación
- mayor control de las fincas y cotos de caza, del espacio natural y los alrededores, para la eliminación de cebos envenenados
- legislación más potente en la imposición de multas y penas por el uso de estas técnicas
- información, educación y concienciación sobre la problemática de la especie
- coordinación de las actuaciones de todos los sectores involucrados
- incentivar la conservación de la especie

Por último, al tratarse de una especie cuyo nicho ecológico es de gran importancia, como depredador que controla a poblaciones de herbívoros que pueden desarrollar plagas y como carroñero que elimina del ambiente los cadáveres de otras especies, su desaparición podría alterar de forma importante varias cadenas o una red trófica compleja cuyo efecto podría ser devastador para el Ecosistema del Bosque Mediterráneo en el que habita.

Luego una de las actuaciones más convenientes de todas las expuestas sería el tratar de reintroducir la especie a partir de individuos criados en cautividad e,

incluso también, a partir de individuos de otras poblaciones de Águila Imperial Ibérica que formen parte de otros ecosistemas semejantes o parecidos de otras Comunidades Autónomas, casos que según la bibliografía sí han obtenido éxitos notables.

Un caso extremo sería la imposibilidad de la reintroducción por la pérdida casi total de la especie en el bioma Ecosistema del Bosque Mediterráneo, en concreto en el de la Península Ibérica ya que existen otros ecosistemas mediterráneos en otras partes del planeta, pero en este caso es la única región del planeta en la que sobreviven actualmente las 152 parejas del emblemático Águila Imperial Ibérica. No por otra causa está considerada como una de las siete especies de aves más amenazadas en peligro de extinción de nuestro planeta.

En el Anexo IV (p. 347) se presenta un ejemplo de resolución de esta situación problemática realizada por un alumno.

## **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 1**

**¿Podría vivir el Águila Imperial Ibérica en otro ecosistema?**

### **Aclaraciones de su diseño**

Las razones por las que se ha elegido esta situación problemática para la investigación son varias:

- Aborda conocimientos conceptuales que sí se han tratado en la situación problemática anterior por lo que interesa conocer los aprendizajes que construyeron los alumnos.
- Esta segunda parte del problema pretende continuar el problema anterior desde el momento en que se propone la reintroducción de individuos de Águila Imperial Ibérica en un espacio natural en el que ya se sabe que ha habitado con anterioridad. Pero también servirá para hacer pensar e investigar sobre esta posibilidad si los alumnos no hubiesen llegado a plantearla en la primera parte del problema.
- En ningún momento se dice que dicho ecosistema sea semejante o diferente al ecosistema de bosque mediterráneo previamente estudiado, de hecho una solución evidente de este problema es que sí puede vivir en otro ecosistema, siempre y cuando sea de bosque mediterráneo. Pero el verdadero problema estará en si podría vivir en un ecosistema diferente.
- Esta parte del problema obligará al estudio de los diferentes ecosistemas o "biomas" existentes en el planeta Tierra, el conjunto de los cuales forma la "biosfera" con el fin de observar diferencias y semejanzas de las que extraer regularidades, y así poder llegar a la conclusión de si esta especie puede vivir en otro ecosistema.
- Además permitirá abordar otros contenidos de gran interés en educación ambiental como la "introducción de especies exóticas", las "intervenciones humanas en el medio natural", la "conservación de la naturaleza" y el "uso responsable del medio natural".
- Esta situación problemática también es bastante típica en el campo de conocimiento de la ecología por su dificultad de ser cerrada, ya que no dispone de algoritmos que permitan obtener valores exactos como en otras ciencias. Por lo que la manera de resolverla será la búsqueda y análisis de fuentes de información.

## **Contenidos**

- Especie y Población.
- Águila Imperial Ibérica.
- Hábitat.
- Nicho ecológico.
- Ecosistema de bosque mediterráneo.
- Especie autóctona y endemismo.
- Especie en peligro de extinción.
- Introducción de especies.
- Espacio natural.
- Conservación de la naturaleza.
- Intervención humana en el medio natural y problemas ambientales.
- Dependencia y uso responsable del medio natural.
- Biomas.
- Biosfera y Ecosfera.
- Ecología y Medio ambiente.

## **Objetivos**

- Repasar los conceptos comprendidos en la situación problemática anterior sobre el Águila Imperial Ibérica.
- Conocer al Águila Imperial Ibérica como una de las especies más emblemáticas del territorio español.
- Reconocer la importancia del medio natural y de la conservación de la naturaleza.
- Conocer contenidos importantes sobre ecología.
- Abordar el estudio de la Introducción de especies.
- Reconocer y comprender la influencia humana en los ecosistemas y a nivel planetario.
- Comprender el concepto de Problema ambiental.
- Conocer algunos problemas ambientales importantes.
- Reconocer y comprender que nuestra especie depende del medio natural.
- Comprender el concepto de Bioma y reconocer los más importantes, así como las semejanzas y diferencias que hay entre ellos.
- Conocer los conceptos Biosfera, Ecosfera, Ecología y Medio ambiente.

## **Resolución**

Se debe realizar una investigación que seguirá las fases de la Plantilla de Resolución de Problemas a entregar a los alumnos:

## **TRATO DE ENTENDER EL PROBLEMA O LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

### **1. LA ANALIZO CON LO QUE SÉ (ANTES DE BUSCAR CUALQUIER INFORMACIÓN)**

#### **1.1. REPRESENTAR LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA PARA COMPRENDERLA**

**Explico a qué se refiere el problema o situación problemática.**

Se plantea el problema de las posibilidades que tendrían los individuos de Águila Imperial Ibérica para sobrevivir en otros ecosistemas.

El problema se refiere al estudio de los requerimientos de todo tipo que necesitan los individuos de esta especie de ave (condiciones ambientales, especies de las que se alimenta, sus hábitos como especie, sus peligros, sus depredadores, etc.) con el fin de averiguar si su introducción en otro ecosistema podría ser viable, es decir, si podría sobrevivir sin problemas.

También hace referencia al concepto de “ecosistema” y a la comparación entre los ecosistemas que existen en el planeta Tierra, con sus diferentes características y constituyentes, para poder averiguar las posibilidades reales que tendrían el Águila Imperial Ibérica de sobrevivir en ellos. Aunque otra posibilidad sería que se quisiesen introducir en algún ecosistema semejante al que ya ocupaban.

**Además, indico y explico los conceptos científicos que tengo que tener en cuenta para solucionarlo, es decir, lo que ya sé y lo que debería saber tras la investigación con experimentos o búsqueda de información bibliográfica.**

Se debe tener en cuenta una serie de conocimientos para poder abordar la resolución de esta situación problemática:

- Las características del Águila Imperial Ibérica (alimentación, reproducción, cría, cómo anida, territorio, hábitos de caza, factores ambientales que necesita, etc.), con el fin de averiguar si puede mantener todas sus características en el nuevo ecosistema. Debido a la situación problemática anterior, ya se deberían conocer la mayoría de estas características. En caso contrario se investigarían.
- Lo que significa exactamente el concepto "ecosistema" (aunque se debería tener cierta idea de otros cursos académicos anteriores).
- El tipo de ecosistema del que forma parte esta especie de águila. De igual manera, debido a la situación problemática anterior, se debería conocer que habita en los ecosistemas de bosque mediterráneo. Si no fuese así, habría que averiguarlo.



- Se indagaría sobre otros tipos de ecosistemas que existan, como las selvas, bosques, sabanas, regiones polares, desiertos, ambientes acuáticos, etc.
- También se podría investigar si existen experiencias de este tipo que ya se hayan realizado, con o sin éxito.

## **1.2. REFORMULAR EL PROBLEMA PARA TRABAJARLO MEJOR**

**Ya que la situación problemática inicial es muy amplia, decido lo que quiero investigar. Cambio su enunciado para definir exactamente lo que voy a investigar.**

La reformulación del problema inicial debería incluir el nuevo ecosistema que se decide investigar para averiguar si es posible la introducción de esta especie, por ejemplo:

- 1ª “¿Podría vivir el Águila Imperial Ibérica en un ecosistema de sabana africana?”
- 2ª “¿Podría vivir el Águila Imperial Ibérica en otro ecosistema de bosque mediterráneo semejante al que ya habita?”

## **1.3. RESTRINGIR LAS CONDICIONES DE ESTUDIO DEL PROBLEMA QUE HE DECIDIDO INVESTIGAR**

**Indico los conceptos científicos que tengan verdadera importancia para el problema que he decidido investigar, así evito estudiar otras cosas que no influyan.**

Los conceptos científicos que están relacionados con el problema son:

- Características biológicas, comportamiento y ecología del Águila Imperial Ibérica.
- El concepto de "ecosistema" y todo lo que englobe.
- Características del ecosistema de bosque mediterráneo del que forma parte esta especie de águila.
- Los tipos de ecosistemas que existen, como los terrestres (estepas, desierto, tundra, bosque tropical, bosque mediterráneo, etc.) o acuáticos (marino y de agua dulce).
- Mecanismos de adaptación orgánica e incluso de hábitos o comportamientos que el águila puede desarrollar para sobrevivir en otro ecosistema.

- El concepto de "medio ambiente" que se supone incluye a los ecosistemas.

**Además, indico los casos extremos que debo considerar desde el punto de vista teórico para que tenga sentido el problema.**

Si ya se conoce que el Águila Imperial Ibérica forma parte de los ecosistemas de bosque mediterráneo, pierde en parte la curiosidad de investigar si podría ser introducido con éxito en otro ecosistema con las mismas características. De hecho, se da por supuesto que sí se va a introducir sin problemas. Por eso, el verdadero problema será averiguar si puede sobrevivir en otro ecosistema diferente.

No se va a considerar la posibilidad de que los individuos de esta especie sean cazados por los humanos o mueran por causas relacionadas con las actividades humanas. Tampoco se contemplan las muertes producidas por causa de enfermedades de la propia especie.

El problema no se podría resolver en el caso en que no se contase con los individuos de esta especie de águila, que pudiesen ser donados o extraídos de algún ecosistema de bosque mediterráneo, para repoblar el nuevo ecosistema.

La investigación de las posibilidades de realizar la introducción en otro ecosistema, no obstante, sería muy útil para elaborar un estudio e informe que pudiese emplearse para un futuro en que se contase con un número suficiente de individuos que permitiesen dichas repoblaciones.

## **2. PIENSO Y FORMULO MIS HIPÓTESIS (ANTES DE BUSCAR CUALQUIER INFORMACIÓN)**

**Indico las posibles explicaciones que puedan resolver la situación problemática que he decidido investigar, las cuales se comprobarán si son válidas. Es decir, ¿cuál es la causa o qué puede ocurrir y por qué?**

H<sub>1</sub>: El Águila Imperial Ibérica podrá sobrevivir sin problemas en este nuevo ecosistema de, por ejemplo "sabana africana" debido a que el cambio no alterará de forma brusca sus hábitos, necesidades de alimentación, territorio, nidificación o condiciones ambientales.

<b>RESUELVO LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA</b>
---

## **3. PIENSO Y DISEÑO UN EXPERIMENTO O ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO QUE ME PERMITIRÁ COMPROBAR UNA DE MIS HIPÓTESIS, PARA ASÍ IR RESOLVIENDO EL PROBLEMA QUE TENGO (CADA HIPÓTESIS TENDRÁ SU PROPIO EXPERIMENTO O ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO)**

### **3.1. Elijo e indico la hipótesis que voy a investigar.**

Se escoge la hipótesis sobre el nuevo ecosistema que más interese investigar.

**3.2. Explico mi experimento o plan de investigación bibliográfica y todos los pasos que voy a seguir, qué voy a medir o la información que voy a buscar, con qué aparatos o en qué fuentes de información, qué material necesito, cómo voy a recoger y presentar los datos, represento con dibujos o esquemas mi plan de investigación (si lo creo conveniente), etc.**

Primero se deben conocer muy bien las características de Águila Imperial Ibérica respecto a sus requerimientos de especies de las que se alimenta, territorio que ocupa, donde nidifica, cómo se reproduce, número de crías que suelen tener, los cuidados que realizan de la prole, la relación entre machos y hembras, etc.

Luego se tiene que investigar el conjunto de características que posee el ecosistema de bosque mediterráneo que ocupa y en el que sobrevive actualmente esta especie.

A continuación, se indagarían las características del nuevo ecosistema en el que se desea averiguar si esta especie de águila podría sobrevivir.

Y, finalmente, se compararían ambos ecosistemas y se establecerían las semejanzas y diferencias que darían las pistas y argumentos necesarios para concluir si el Águila Imperial Ibérica podría mantener todos sus hábitos en el nuevo ecosistema.

**3.3. Explico si hay más formas de resolverlo y si se parece a otros problemas que he visto antes.**

Sí hay más formas de resolverlo, como podría ser realizar el experimento real sin investigar previamente las posibilidades de éxito o fracaso, pero sería poco ético respecto a esta especie. Su situación de especie emblemática, por tratarse de una especie endémica de la Península Ibérica y en peligro de extinción debido al poco número de parejas que existen en la actualidad, no recomiendan realizar experimentos que supongan un sacrificio o pruebas que pongan en peligro a estos individuos.

Este problema sí se parece a la situación problemática anterior sobre esta misma especie de águila, por eso los conocimientos que se tienen de ella son muy útiles para afrontar este nuevo problema.

**4. REALIZO EL EXPERIMENTO O LA INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA PARA LA HIPÓTESIS ELEGIDA**

**4.1. Desarrollo todos los pasos del experimento o de la investigación bibliográfica que he diseñado y describo todo el proceso: observaciones, medidas, datos o información de interés, gráficas, tablas, errores, cosas que me van sucediendo durante la investigación, etc.**

Tras la investigación, se comprenderá la importancia de tener en cuenta las diferentes relaciones de colaboración o competencia entre los individuos de la misma especie de Águila Imperial Ibérica, así como las que establecen con los individuos de otras especies diferentes.

Además, respecto al nuevo ecosistema, se habrá comprobado la variedad de especies que lo constituyen y la complejidad de conocer todas sus variables. Se reconocerá la importancia de las relaciones entre lo vivo y lo no vivo dentro de cada ecosistema.

#### **4.2. Aporto todos los datos obtenidos del experimento o de la investigación bibliográfica.**

Independientemente de la elección del tipo de ecosistema que se ha decidido investigar se van a trabajar un conjunto de conceptos científicos de ecología que son el objeto de estudio de esta situación problemática. En concreto serían los siguientes:

- La biología del Águila Imperial Ibérica (características de los individuos y de su reproducción), etología (su comportamiento como especie) y ecología (sus interacciones entre los individuos de su especie, con los de otras especies, con el ambiente y su comportamiento en el ecosistema, es decir, su “nicho ecológico”) dentro del ecosistema de bosque mediterráneo del que forma parte. Todos estos aspectos ya se deberían haber incluido en la situación problemática anterior, por lo que no tendrían porqué repetirse en ésta, a no ser que se pretenda remarcar los requerimientos de esta especie y su existencia o no en el nuevo ecosistema en el que se pretenda introducir.
- El concepto de “ecosistema” es muy genérico, e incluye el conjunto de seres vivos que viven en un lugar, junto con las condiciones ambientales y todo el conjunto de interrelaciones que se establecen entre los seres vivos, entre éstos y su ambiente y entre los factores ambientales entre sí. Es decir, se puede hablar de ecosistemas terrestres (estepas, desiertos, tundra, bosque tropical, bosque mediterráneo, etc.) y acuáticos (marinos y de agua dulce). Especial interés tiene el ecosistema de bosque mediterráneo, por ser del que forma parte el Águila Imperial Ibérica, así como el ecosistema en el que se pretenda introducir esta especie. Las características de ambos se deben detallar para poder establecer similitudes y diferencias que permita extraer conclusiones de la posible supervivencia del águila en el nuevo ecosistema.
- Al conjunto de seres vivos (“factores bióticos”) que hay en un ecosistema se le denomina “biocenosis”. Las interrelaciones que éstos establecen entre sí son las “relaciones intraespecíficas” (entre individuos de la misma especie) como la reproducción, el cuidado de las crías, la defensa del territorio, competición por el alimento, individuos del otro sexo o el territorio, etc. y las “relaciones interespecíficas” (entre individuos de diferentes especies) como la competición, la depredación, la defensa del territorio, etc. Todos estos factores se deberían tener en cuenta, tanto en el

ecosistema de bosque mediterráneo como en el que se pretende introducir el águila para averiguar su posible supervivencia.

- Los factores ambientales (factores abióticos) constituyen el “biotopo” del ecosistema, así como todas las interrelaciones entre dichos factores. También se tendrán que tener muy en cuenta en ambos ecosistemas para extraer conclusiones y decidir si es posible el cambio.
- Se considerarán los mecanismos de acomodación de los hábitos o comportamientos que los seres vivos pueden desarrollar para sobrevivir en el ecosistema que ocupen. Es decir, la forma que tiene el Águila Imperial Ibérica de actuar en el ecosistema (nicho ecológico) no debería ser alterada de forma drástica en el nuevo, aunque seguramente sí podría realizar la misma función si los cambios son relativos. Por ejemplo, esta especie crea su nido en la copa de los árboles, pero no sería ningún problema el tipo de árbol de que se trate.
- Hay un par de conceptos que es interesante que se trabajen. El de “hábitat” como el lugar que ocupa una determinada especie dentro de un ecosistema, y el de “medio ambiente” como el conjunto de factores y circunstancias que rodean a una determinada especie. Así será conveniente definir el hábitat y el medio ambiente del Águila Imperial Ibérica, para posteriormente extraer conclusiones de la viabilidad de su introducción en el nuevo ecosistema.
- También debería aparecer el importante concepto de “Bioma” que se define como grandes áreas terrestres y acuáticas que vienen definidas por poseer unas características ambientales semejantes y un tipo de especies de vegetación dominante y fauna típica. Los principales biomas son: zonas polares, tundra, taiga, sabana, estepas y praderas, desierto, bosque caducifolio, bosque mediterráneo, bosque tropical y ecuatorial, alta montaña, marinos y aguas dulces.
- Como curiosidad, convendría llegar a descubrir que el bioma de bosque mediterráneo no sólo se encuentra en la región del planeta que rodea al mar mediterráneo, sino que también se incluyen en este tipo de bioma las regiones de California, zona central de Chile, región suroeste de Sudáfrica y el suroeste de Australia.
- Finalmente, se deberían llegar a conocer los conceptos de “Biosfera”, como conjunto de todos los seres vivos del planeta Tierra que ocupan todos los biomas, y el de “Ecosfera” como el ecosistema más amplio que abarca todo el planeta Tierra.

#### **ANALIZO TODO EL PROCESO REALIZADO**

#### **5. ANALIZO LOS DATOS OBTENIDOS PARA ESA HIPÓTESIS Y TRATO DE SOLUCIONAR LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

### **5.1. Comparo los datos obtenidos con la hipótesis elegida y explico si se cumple o no esa hipótesis.**

Los datos que se obtengan de la investigación del nuevo ecosistema, por ejemplo “sabana africana”, permitirán ser comparados con los datos del bosque mediterráneo que ocupa el Águila Imperial Ibérica en la actualidad. En base a ellos se podrán extraer conclusiones sobre si podrá o no sobrevivir sin problemas en este nuevo ecosistema. Si el cambio afectase de forma brusca sus hábitos, necesidades de alimentación, territorio, nidificación o condiciones ambientales se podría concluir que el cambio de ecosistema no sería viable para la especie.

En el caso de que hubiese decidido introducir en otro ecosistema de bosque mediterráneo, la investigación permitiría concluir que las regiones del planeta que también son consideradas bioma de bosque mediterráneo serían buenas candidatas para que la introducción del águila en ellas fuese una actuación exitosa, debido a que las condiciones ambientales y el conjunto de características que poseen las especies que habitan en ellas son muy similares.

### **5.2. Indico si son lógicos o no los resultados obtenidos y explico mis conclusiones sobre la solución a esta situación problemática reformulada en el punto 1.2.**

La obtención de toda la información necesaria sobre Águila Imperial Ibérica, el ecosistema de bosque mediterráneo y el nuevo ecosistema debería permitir concluir sobre la viabilidad de la introducción de esta especie en dicho ecosistema.

Si se descubriese que no se han considerado factores importantes para la supervivencia de esta especie en dicho ecosistema se debería concluir que las conclusiones no tienen consistencia.

Tras la investigación se habrá comprobado la gran dificultad que entraña la introducción de una especie en otro ecosistema en el que no habita en la actualidad debido a la cantidad de variables que hay que tener en cuenta. Ésta es una de las principales trabas para la introducción de especies en el campo de la ecología, como ciencia que se ocupa del estudio de los ecosistemas. De hecho, se trata de uno de los problemas ambientales de mayor entidad que, cuyas consecuencias, está contribuyendo a poner en peligro de extinción a muchas especies.

Deberán tener mucho cuidado respecto a las consecuencias de liberar mascotas y especies exóticas en el medio natural, así como con el cumplimiento de las leyes relacionadas con esta problemática.

En el Anexo IV (p. 357) se presenta un ejemplo de resolución de esta situación problemática realizada por un grupo de alumnos.

## **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 2**

**¿Qué habría que tener en cuenta para diseñar un pequeño espacio en el que poder observar individuos vivos de diferentes especies?**

### **Aclaraciones de su diseño**

Las razones por las que se ha elegido esta situación problemática para la investigación son varias:

- Los conocimientos conceptuales que se abordan se relacionan con todos los requerimientos que tiene una especie para sobrevivir. Los alumnos suelen tener mascotas en casa, jaulas, terrarios, acuarios, etc. o haber visitado diferentes espacios naturales o artificiales como zoológicos, acuarios, invernaderos, granjas escuela, etc. que les permitirá realizar un análisis real de las condiciones ambientales y necesidades de alimentación, espacio y relaciones entre las especies que puedan convivir en ese pequeño espacio.
- Esta situación problemática puede ser acotada y cerrada fácilmente tras tomar las decisiones y restricciones pertinentes y necesarias sobre el tipo de espacio que se quiere crear y el tipo de especies que habitarán en él.
- La manera de resolverla será mediante la búsqueda y análisis de fuentes de información que permitan comprobar si el diseño del pequeño espacio es adecuado para dichas especies.

### **Contenidos**

- Especie.
- Factores abióticos y bióticos.
- Biotopos acuáticos y terrestres.
- Factores limitantes.
- Biocenosis-Comunidad.
- Interacción e interrelación entre factores.
- Asociaciones intraespecíficas e interespecíficas.
- Ecosistemas.
- Dimensiones variables de los ecosistemas.

### **Objetivos**

- Repasar el concepto importante de “especie”.
- Conocer los conceptos básicos de ecología.
- Comprender las interrelaciones entre biotopo y biocenosis.

- Diferenciar factores bióticos de factores abióticos.
- Reconocer relaciones entre factores abióticos.
- Introducir el concepto de “factor limitante”.
- Reconocer y diferenciar asociaciones intraespecíficas e interespecíficas entre los seres vivos.
- Comprender el concepto de “ecosistema” como la unidad de estudio de la ecología, sus características y sus variables dimensiones.

## **Resolución**

Se debe realizar una investigación que seguirá las fases de la Plantilla de Resolución de Problemas a entregar a los alumnos:

### **1. LA ANALIZO CON LO QUE SÉ (ANTES DE BUSCAR CUALQUIER INFORMACIÓN)**

#### **1.1. REPRESENTAR LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA PARA COMPRENDERLA**

**Explico a qué se refiere el problema o situación problemática.**

El problema pretende diseñar un espacio de pequeño tamaño en el que se puedan introducir un conjunto de individuos de diferentes especies para poder observar cómo viven. Todos los seres vivos tienen unos requerimientos de espacio, alimento, condiciones ambientales, etc., pero no todos son iguales y dichos requerimientos variarán según el tipo de ser vivo de que se trate. Por tanto, el diseño dependerá de muchos factores como:

- El tamaño y tipo de espacio. Pero, ¿qué se considera un pequeño espacio? ¿no habrá que tener primero en cuenta las especies que se quieran introducir en él para que tengan el tamaño de territorio adecuado para su supervivencia? ¿o primero se decide el tamaño del espacio para decidir luego las especies que se pueden introducir en él? Y, además, dependerá de los materiales que se requiera para construirlo pues, por ejemplo, no es lo mismo un espacio para seres vivos acuáticos que para los terrestres, o para animales voladores que para reptadores, etc.
- Las condiciones ambientales dentro de dicho espacio. Estarán condicionadas por el tipo de especies que se quiera introducir, pues no es lo mismo que se trate de un ambiente acuático (dulce o salado) o de un ambiente terrestre (desierto, polar, selva, sabana, etc.). Todas las especies tienen unos requerimientos ambientales de luz, temperatura, humedad, acidez del ambiente, gases para su respiración o para la fotosíntesis, etc. Por tanto, en la construcción del espacio se debe tener en cuenta cómo controlar las variables ambientales para que sobrevivan las especies introducidas.



- El tipo de especies que se quiere introducir en ese pequeño espacio. Por supuesto, habrá que saber primero lo que es una “especie” desde el punto de vista de la biología, para decidir luego el tipo de especies que escoger en función de otras variables como sus requerimientos nutricionales, de territorio, de factores ambientales, de relaciones intraespecíficas (entre los individuos de la misma especie) e interespecíficas (entre los individuos de diferentes especies), sus requerimientos reproductivos, sus adaptaciones al ambiente,
- La cantidad de individuos de la misma especie. Entre ellos se establecerán relaciones intraespecíficas como la colaboración para la búsqueda de alimento, defensa del territorio, cuidado de las crías, etc., pero relaciones de competencia también por el alimento y territorio o por los individuos del otro sexo para la reproducción.

Como se quiere destinar un pequeño espacio, no será posible elegir animales vivos de gran tamaño y mucho menos en estado de libertad. Luego habría que reducir las posibilidades a espacios que permitan mantener animales de pequeño tamaño y en estado de cautividad para un mejor control y mantenimiento de sus requerimientos o condiciones de vida.

Esto debería reducir las posibilidades de elección a los conocidos sistemas que suele haber en los hogares para mantener animales de pequeño tamaño como son las jaulas, terrarios, acuarios, invernaderos, etc. No obstante, es posible que también se decida diseñar un espacio de mayor tamaño.

Cualquiera de las elecciones supone un problema distinto según el tipo de especies de seres vivos que se decida tener (plantas, algas, animales, hongos, etc.), si son terrestres o acuáticos, a la cantidad de condiciones (ambientales, espaciales, etc.) que haya que controlar y a la cantidad de recursos (humanos para el cuidado y mantenimiento, económicos, temporales, etc.) que se esté dispuesto a emplear.

**Además, indico y explico los conceptos científicos que tengo que tener en cuenta para solucionarlo, es decir, lo que ya sé y lo que debería saber tras la investigación con experimentos o búsqueda de información bibliográfica.**

Se deberían conocer un conjunto de conceptos científicos relacionados con la supervivencia de los seres vivos que se van a introducir en el pequeño espacio, entre ellos:

- Requerimientos ambientales que suelen tener los seres vivos (temperatura, luz, agua, etc.).
- Tipos de ambientes (acuáticos y terrestres).
- El concepto de “especie”.

- Relaciones entre las especies (reproducción, cuidado de las crías, depredación, parasitismo, etc.).
- Tipos de alimentación (herbívoros, carnívoros, fotosíntesis, etc.).
- Tipos de nutrición en los seres vivos (autótrofa y heterótrofa).
- Las cadenas alimenticias o alimentarias.

## 1.2. REFORMULAR EL PROBLEMA PARA TRABAJARLO MEJOR

**Ya que la situación problemática inicial es muy amplia, decido lo que quiero investigar. Cambio su enunciado para definir exactamente lo que voy a investigar.**

La elección del tipo de espacio que se decida diseñar va a estar condicionada por preferencias y algunos factores del tipo:

- En general, no se va a tener en cuenta el coste de todo el diseño y la elección del pequeño espacio se guiará por razones afectivas relacionadas con el tipo de especies o el ambiente que se quiera recrear, seguramente, porque ya se haya tenido en el hogar algún tipo de mascota en jaula, terrario, invernadero o acuario. No obstante, se puede decidir crear un espacio de mayor tamaño, incluso de algún kilómetro cuadrado, en el que recrear algún tipo de ecosistema que haya llamado más la atención para investigar.
- Si lo que prima en la elección es el menor esfuerzo para el mantenimiento y control de variables, así como el precio del sistema en el que se creará el ambiente adecuado para las especies, se elegirá una jaula, terrario, acuario o invernadero de pequeño tamaño. En función de esta elección se decidirá el tipo de especies.
- Si en la elección lo que prima es el tipo de especies, por su menor precio o número de requerimientos, la elección del sistema en el que crear el ambiente estará en función de dicho tipo de especies.

En general, se hará referencia a “pequeños ecosistemas” como invernaderos, jaulas, terrarios, acuarios, parcelas o fincas, granjas, establos e, incluso, espacios (esferas) inspirados en experimentos científicos o películas. Y las especies estarán en función del espacio elegido o viceversa. Así, un ejemplo de posible reformulación de la situación problemática inicial tan abierta sería:

“¿Podrían sobrevivir durante un año, sin que los humanos introduzcan alimentos, un conjunto de tortugas (2 parejas), caracoles (2 parejas), moscas (2 parejas), plantas (2 especies), algas (2 especies) y peces (3 especies, cada una con 2 parejas) en un espacio mixto terrario-acuario de 2 m<sup>3</sup> de capacidad,

cerrado para evitar que se escapen, pero controlando todas las condiciones ambientales?”

Por supuesto, las posibles reformulaciones son múltiples, pero convendría que en ellas se acotase al máximo lo que se quiere diseñar y crear haciendo referencia a las especies que se introducirían, al espacio (tamaño, capacidad, materiales de construcción, posibilidad de salida o entrada de otros individuos), al tiempo de supervivencia y al control de las condiciones ambientales.

### **1.3. RESTRINGIR LAS CONDICIONES DE ESTUDIO DEL PROBLEMA QUE HE DECIDIDO INVESTIGAR**

**Indico los conceptos científicos que tengan verdadera importancia para el problema que he decidido investigar, así evito estudiar otras cosas que no influyan.**

- En la elección del espacio, puesto que hay que diseñarlo, se debería evitar elegir fragmentos o espacios ya existentes en la naturaleza en los que simplemente se establezcan unos límites para su estudio.
- Las especies introducidas se deben mantener vivas dentro del pequeño espacio una cantidad de tiempo amplia (meses o algún año).
- Debe tener varios tipos de especies de seres vivos que cohabiten sin que unas especies acaben con otras.
- Las condiciones ambientales del pequeño espacio se deben mantener constantes para evitar que las especies mueran de forma rápida.
- No se debe permitir introducir nuevas especies ni individuos para no alterar la base del diseño de este espacio.
- En principio, el coste económico del diseño no se considera. Puede ser ilimitado.
- En ecología, aunque sí se estudia la especie humana en los ecosistemas, se debería restringir su elección como especie a introducir en el diseño debido a cuestiones morales.

**Además, indico los casos extremos que debo considerar desde el punto de vista teórico para que tenga sentido el problema.**

Un caso extremo podría ser decidir que los humanos no interactúen con las especies del pequeño espacio, es decir, que no puedan introducir nada (alimentos, aire, agua, etc.) o extraer (excrementos, cadáveres, etc.).

Otra cuestión podría ser no considerar la reproducción, con lo cual la duración de las especies introducidas estaría en función de su esperanza de vida.

## **2. PIENSO Y FORMULO MIS HIPÓTESIS (ANTES DE BUSCAR CUALQUIER INFORMACIÓN)**

**Indico las posibles explicaciones que puedan resolver la situación problemática que he decidido investigar, las cuales se comprobarán si son válidas. Es decir, ¿cuál es la causa o qué puede ocurrir y por qué?**

En realidad, puesto que el objetivo es crear un espacio en el que observar individuos vivos de diferentes especies, sólo cabría la posibilidad de establecer una única hipótesis.

H<sub>1</sub>: El adecuado control de todas las condiciones ambientales y de las relaciones alimenticias que se establezcan entre las especies introducidas en el espacio elegido permitirá la supervivencia de las especies durante un tiempo considerable que facilite su observación.

<b><i>RESUELVO LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA</i></b>
--

## **3. PIENSO Y DISEÑO UN EXPERIMENTO O ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO QUE ME PERMITIRÁ COMPROBAR UNA DE MIS HIPÓTESIS, PARA ASÍ IR RESOLVIENDO EL PROBLEMA QUE TENGO (CADA HIPÓTESIS TENDRÁ SU PROPIO EXPERIMENTO O ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO)**

### **3.1. Elijo e indico la hipótesis que voy a investigar.**

Sólo se estudiará la hipótesis mencionada sobre el adecuado control de todas las variables del pequeño espacio para que sea viable, respecto a la supervivencia de las especies para ser observadas, ya que si se descubriese que no fuese a serlo no tendría ningún sentido la creación de dicho espacio en la realidad.

### **3.2. Explico mi experimento o plan de investigación bibliográfica y todos los pasos que voy a seguir, qué voy a medir o la información que voy a buscar, con qué aparatos o en qué fuentes de información, qué material necesito, cómo voy a recoger y presentar los datos, represento con dibujos o esquemas mi plan de investigación (si lo creo conveniente), etc.**

En función del espacio que se haya decidido diseñar, se establecerán todos los pasos que se requieren para realizar la investigación. Entre ellos se buscarían:

- los materiales que se van a emplear para su construcción,
- los requerimientos de las especies que se ha decidido introducir (ambientales, alimento, territorio, tiempos de reproducción, etc.),
- la manera de controlar las condiciones ambientales,
- la forma de intervenir frente a la falta de alimento o a la existencia de cadáveres,
- etc.

### **3.3. Explico si hay más formas de resolverlo y si se parece a otros problemas que he visto antes.**

En general, se hará referencia a otros pequeños espacios diferentes al que se haya elegido como, por ejemplo jaulas, invernaderos, terrarios, acuarios, parcelas-fincas, granjas, establos e, incluso, espacios (esferas) inspirados en experimentos científicos o películas.

## **4. REALIZO EL EXPERIMENTO O LA INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA PARA LA HIPÓTESIS ELEGIDA**

### **4.1. Desarrollo todos los pasos del experimento o de la investigación bibliográfica que he diseñado y describo todo el proceso: observaciones, medidas, datos o información de interés, gráficas, tablas, errores, cosas que me van sucediendo durante la investigación, etc.**

Tras la investigación y diseño del “pequeño espacio” se habrá comprobado la dificultad y complejidad que supone el diseño y control de todas las variables que se necesitan para crear dicho espacio (materiales, tiempo, especies, factores ambientales, etc.), así como para lograr mantener dichas condiciones ambientales para la supervivencia de las especies que se ha decidido introducir. Se reconocerá la importancia de las relaciones entre lo vivo y lo no vivo dentro de este espacio.

También se comprenderá la importancia de tener en cuenta las diferentes relaciones de colaboración o competencia entre los individuos de la misma especie y entre los de diferentes especies. Y, por supuesto, se habrá investigado lo que en biología se denomina “especie”.

Recordarán las cadenas alimentarias como factor a tener en cuenta si se desea que no desaparezcan determinadas especies de forma rápida.

Se debería llegar a descubrir que, lo que en realidad se está diseñando, es un ecosistema, en el que se relaciona lo vivo con lo no vivo.

### **4.2. Aporto todos los datos obtenidos del experimento o de la investigación bibliográfica.**

En función del espacio que se haya decidido diseñar, se aportarán todos los datos investigados que se relacionen con:

- el tipo de espacio,
- sus dimensiones,
- los materiales que se van a emplear para su construcción,
- los tipos de especies que se quiere introducir,
- el número de individuos de cada especie,
- los requerimientos para la supervivencia de estas especies (ambientales, alimento, territorio, tiempos de reproducción, etc.),

- la manera de controlar las condiciones ambientales,
- la forma de intervenir frente a la falta de alimento o a la existencia de cadáveres,
- etc.

Independientemente de la elección del tipo de espacio a construir se van a trabajar un conjunto de conceptos científicos de ecología que son el objeto de estudio de esta situación problemática. Se muestran a continuación.

Se debe recordar el concepto científico de especie como el conjunto de seres vivos muy semejantes entre sí con capacidad reproductora entre ellos y cuya descendencia debe ser fértil. En este sentido, no se debe considerar en el diseño del espacio la posibilidad de reproducción entre individuos de diferentes especies.

Para la supervivencia de los individuos hay que tener en cuenta el tipo de nutrición que realizan, si es autótrofa (fotosíntesis, quimiosíntesis) porque se sintetiza su propia materia orgánica a partir de materia inorgánica y energía, o bien heterótrofa (respiración) mediante la absorción o ingesta de materia orgánica de la que extraerán la materia y la energía. El tipo de nutrición, a su vez, condicionará el tipo de alimentación que realicen las diferentes especies, las cuales se clasificarán según los “niveles tróficos” de “productores”, “herbívoros o consumidores primarios”, “carnívoros o consumidores secundarios”, “superpredadores o consumidores terciarios”, incluso, “consumidores cuaternarios”. También puede darse el caso de especies “omnívoras” que se pueden comportar de forma ocasional como herbívoros, carnívoros o superpredadores. Y, por último, no se deben olvidar los “descomponedores” (bacterias y hongos) cuya función en los ecosistemas es esencial para la supervivencia de las especies por su implicación en el cierre de los ciclos de la materia. Es decir, en el diseño del espacio se debería considerar el tipo de nutrición y alimentación de cada especie introducida.

El tipo de alimentación y nutrición permite reconocer las cadenas alimenticias o alimentarias, que en ecología se denominan “cadenas tróficas”. Pero la complejidad de estas cadenas y sus interconexiones permitirán reconocer también el entramado entre cadenas tróficas que se denomina “red trófica”. Estas relaciones tróficas representarán el flujo unidireccional de energía y el ciclo de la materia entre las especies. Por supuesto, se deberían detectar en el diseño del espacio el conjunto de relaciones tróficas, incluso se podrían construir las cadenas o la red trófica que se establezca en su interior.

En el medio natural los seres vivos (factores bióticos) se relacionan entre sí de múltiples maneras, entre individuos de la misma especie (relaciones intraespecíficas) con relaciones de cooperación como la reproducción, el cuidado de las crías, defensa del territorio, etc. o con relaciones de competencia por el alimento, territorio, individuos del otro sexo, etc. Los seres vivos también se relacionan con individuos de distintas especies (relaciones interespecíficas) con relaciones de depredación, simbiosis, parasitismo,

comensalismo, mutualismo, etc. Además los seres vivos se relacionan con su ambiente físico-químico (los factores ambientales o factores abióticos como la temperatura, humedad, oxígeno, etc.). Incluso los factores ambientales se relacionan entre sí (por ejemplo, una charca expuesta al sol en verano poseerá agua con poco oxígeno disuelto y las especies acuáticas que en ella habiten tendrán más dificultades para respirar.). A todo este conjunto de relaciones entre factores vivos y no vivos se le denomina “interacciones”. Se debería, por tanto, explicar el conjunto de relaciones entre los seres vivos y su ambiente que se establecen en el interior del espacio diseñado.

También habrá que considerar que hay seres vivos que no soportan determinadas condiciones ambientales, los cuales serán “factores limitantes” para el desarrollo de éstos en dicho ambiente. Si se detectasen estos factores limitantes en algunas de las especies, y no se hubiesen considerado en el diseño, serían condicionantes que obligarían a concluir que no podrían sobrevivir en este espacio.

Al conjunto de seres vivos se le denomina “biocenosis” y al conjunto de factores ambientales se le denomina “biotopo”, que juntos forman el “ecosistema” (unidad de estudio de la ciencia llamada ecología). El ecosistema es el conjunto de interacciones que se producen entre el biotopo y la biocenosis. El ecosistema no se debe entender como un lugar donde habitan los seres vivos, a dicho lugar se le denomina “hábitat”. Por tanto, se debe reconocer que el espacio diseñado en realidad es un ecosistema diseñado y controlado para que sea viable.

El “medio ambiente” es todo lo que rodea a una especie como los otros seres vivos, de la misma y de otras especies, los requerimientos territoriales y los factores ambientales que necesitan.

En este sentido, tanto por su tipo de nutrición como por su forma de interactuar en el medio con otros individuos y su ambiente, los seres vivos tienen un conjunto de adaptaciones que les lleva a realizar una función en el ecosistema, es lo que se denomina “nicho ecológico”. En este sentido, sería conveniente explicar el nicho ecológico de cada especie en el ecosistema creado.

Las especies autóctonas, en general, son más baratas y fáciles de conseguir, pero habrá muchas que estarán consideradas legalmente como “especies protegidas”. Además, no siempre tendrán menores requerimientos en función del medio acuático o terrestre en que habiten.

## ***ANALIZO TODO EL PROCESO REALIZADO***

### **5. ANALIZO LOS DATOS OBTENIDOS PARA ESA HIPÓTESIS Y TRATO DE SOLUCIONAR LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

#### **5.1. Comparo los datos obtenidos con la hipótesis elegida y explico si se cumple o no esa hipótesis.**

Por tanto, lo que se ha creado es un pequeño ecosistema con sus seres vivos y los factores ambientales adecuados a sus requerimientos, controlando sus interacciones y los posibles factores limitantes.

A la luz de la investigación y para poder tomar una decisión acorde con la reformulación del problema inicial y sus restricciones

- Se comprobará si eran adecuados para la supervivencia de todas las especies el conjunto de requerimientos ambientales, territoriales, nutricionales, reproductivos, nichos ecológicos, etc. de las diferentes especies que se ha decidido introducir.
- Se considerará si la supervivencia de las especies introducidas no se contradice con el conjunto de cadenas tróficas que se establezcan y de la red trófica resultante entre todas las especies del pequeño ecosistema.

**5.2. Indico si son lógicos o no los resultados obtenidos y explico mis conclusiones sobre la solución a esta situación problemática reformulada en el punto 1.2.**

El aporte de toda la información necesaria para la creación del pequeño ecosistema debería permitir concluir que el diseño es adecuado y que su construcción debería ser viable, es decir, que las especies que se ha decidido introducir se mantendrán vivas en el tiempo con los cuidados necesarios que realizan los humanos.

Si se descubriese que no se han considerado factores importantes para la supervivencia de las especies, se debería concluir que el diseño del ecosistema sería inadecuado para observar a esos individuos vivos.

Tras la investigación se habrá comprobado la gran dificultad que entraña la creación de un ecosistema (pequeño espacio) debido a la cantidad de variables que hay que tener en cuenta. Ésta es una de las principales trabas para el estudio y las investigaciones en el campo de la ecología, como ciencia que se ocupa del estudio de los ecosistemas.

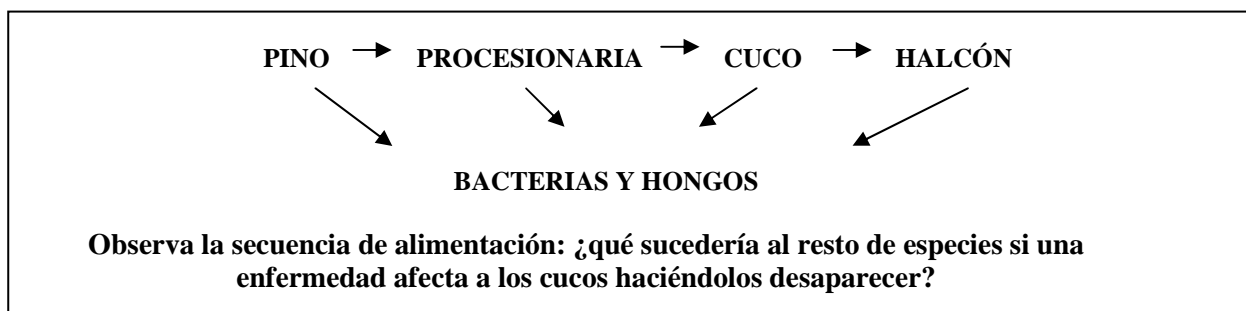
Se puede concluir, por ejemplo, que los terrarios en general requieren un menor control de factores ambientales que los acuarios, aunque también dependerá de las especies que se decida introducir.

Deberán tener mucho cuidado con el cumplimiento de las leyes respecto a la elección de sus especies y su catalogación como especies domésticas, exóticas, en peligro de extinción, etc., lo que determinará la necesidad de excluir determinadas especies o bien conseguir los permisos pertinentes para evitar tener sanciones y problemas con la justicia.

En el Anexo IV (p.367) se presenta un ejemplo de resolución de esta situación problemática realizada por un grupo de alumnos.



### **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 3**



#### **Aclaraciones de su diseño**

Las razones por las que se ha elegido esta situación problemática para la investigación son varias:

- Aborda conocimientos conceptuales que sí se han tratado en la Educación Primaria durante varios años, por lo que interesaba conocer los aprendizajes que habían construido los alumnos.
- Existen suficientes concepciones alternativas en la bibliografía consultada para alumnos de Educación Secundaria y en la Prueba Inicial realizada a los alumnos de 2º de ESO que indican su inadecuado y/o incompleto conocimiento sobre las cadenas tróficas (situación problemática 1). Luego, se pretende averiguar las potencialidades de esta metodología para generar el buscado cambio conceptual de las concepciones alternativas hacia conocimientos científicos más aceptados por la ciencia actual.
- La situación problemática 1 es bastante típica en el campo de conocimiento de la ecología por su dificultad de ser cerrada, ya que no dispone de algoritmos que permitan obtener valores exactos como en otras ciencias. Por lo que la manera de resolverla será la búsqueda y análisis de fuentes de información.

#### **Contenidos**

- Individuo, Especie, Población, Organismos autótrofos o de nutrición autótrofa, Organismos heterótrofos o de nutrición heterótrofa, Plaga, Ecosistema, Suelo, Adaptación y Tiempo adaptativo frente a la Acomodación.
- Relaciones alimentarias entre especies.
- Cadenas y Redes tróficas.
- Enfermedades y contaminantes en las cadenas y redes tróficas y muerte de especies.
- Niveles tróficos del ecosistema: Productores, Consumidores y Descomponedores.

## **Objetivos**

- Conseguir que los alumnos realicen el pertinente cambio conceptual sobre las "Cadenas Tróficas" para que construyan de forma adecuada otros conocimientos, todos ellos de especial importancia para favorecer una visión del mundo más Biocéntrica, Dinámica y Compleja.
- Repasar los conceptos importantes de Especie, Población, Adaptación, Autótrofo, Heterótrofo, Suelo, Tiempo adaptativo, etc.
- Saber representar e interpretar distintas cadenas y redes tróficas.
- Reconocer la problemática que supondría la alimentación con especies enfermas o contaminadas para otras especies, así como la muerte de alguna especie de forma masiva.
- Conocer y comprender el concepto de nivel trófico, así como los nombres de los distintos niveles tróficos que se encuentran en un ecosistema, los organismos a los que engloban y la función ecológica que cada uno realiza.

## **Resolución**

Se debe realizar una investigación que seguirá las fases de la Plantilla de Resolución de Problemas a entregar a los alumnos:

### **TRATO DE ENTENDER EL PROBLEMA O LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

#### **1. LA ANALIZO CON LO QUE SÉ (ANTES DE BUSCAR CUALQUIER INFORMACIÓN)**

##### **1.1. REPRESENTAR LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA PARA COMPRENDERLA**

**Explico a qué se refiere el problema o situación problemática.**

Esta situación problemática es un ejemplo de cómo unos seres vivos se alimentan de otros o, como dice su enunciado, una secuencia de alimentación entre seres vivos, entre especies. En él habría que tratar de explicar lo que les ocurre a los otros seres vivos de la secuencia si desaparecen los cucos por una enfermedad.

Aunque en la secuencia se enuncian los seres vivos en singular (como si sólo hubiese uno), excepto a las Bacterias y Hongos, en el resto del enunciado se indica que desaparecen "los cucos" (en plural) por una enfermedad, luego es de suponer que cada ser vivo de la secuencia se refiera también a todos los individuos pinos, todas las procesionarias, todos los cucos y todos los halcones. Las flechas deben indicar los seres vivos que se comen a otros o son comidos por otros y, aunque no se sepa lo que son las procesionarias, los cucos, etc..., lo

que sí se sabe es que los pinos son árboles y no se comen a ningún otro ser vivo (no son plantas carnívoras). Luego las flechas indican que los pinos son comidos por las procesionarias, éstas por los cucos, éstos por los halcones y todos ellos por las bacterias y los hongos. Los únicos que no se alimentan de otro ser vivo son los pinos, ya que son plantas, aunque las plantas carnívoras sí se alimentan de otros seres vivos.

Por tanto, esta situación problemática se refiere a las consecuencias que tendría para el resto de seres vivos si desaparecen todos los individuos de uno de los seres vivos de la secuencia, en este caso los cucos. Es de suponer que sí habría consecuencias porque si el cuco se alimentaba de procesionarias, y ya no está, éstas no van a ser comidas y se supone que aumentará su número. También los halcones se verían afectados si ya no tienen cucos que comer. Los pinos serían comidos por un mayor número de procesionarias, si es que aumentan. Es probable que los que menos sufriesen fuesen bacterias y hongos que parece que se lo comen todo.

**Además, indico y explico los conceptos científicos que tengo que tener en cuenta para solucionarlo, es decir, lo que ya sé y lo que debería saber tras la investigación con experimentos o búsqueda de información bibliográfica.**

Para resolverlo convendría conocer:

- qué son los pinos, procesionarias, cucos, halcones, bacterias y hongos.
- los pinos son árboles, organismos autótrofos (como se ha visto en problemas anteriores), que hacen la fotosíntesis para "alimentarse" y no comen otros seres vivos.
- las procesionarias (aunque no se sepa exactamente lo que son) seguramente serán herbívoros, organismos heterótrofos (como se ha visto en problemas anteriores), porque se alimentan de los pinos.
- los cucos, organismos heterótrofos, serán carnívoros depredadores de procesionarias.
- los halcones son aves (aunque no se recuerde su forma o color), organismos heterótrofos, carnívoros depredadores de los cucos.
- las bacterias y hongos, organismos heterótrofos, son seres vivos microscópicos o no, como las setas, que causan enfermedades e intervienen en la formación de algunos alimentos y la descomposición de organismos muertos, frutos, etc.
- cada ser vivo es un "individuo", sea planta, animal, bacteria, hongo, etc.

- todos los individuos de cada ser vivo pertenece a una "especie" y pueden formar "poblaciones" allí donde habiten. Ya se han tratado previamente los conceptos de especie y población en problemas anteriores.
- qué es una enfermedad, quienes las producen y cómo se producen, quienes las sufren, si se pueden curar todas, etc.
- que las enfermedades son responsables de la muerte de individuos (de diferentes especies, no sólo de humanos) e incluso de todos los individuos de una especie, lo que provocaría la extinción de dicha especie.
- en la vida real, en el mundo natural, hay extinciones de especies que dejan "huecos" en estas secuencias de alimentación, y esto puede tener más consecuencias en otros seres vivos.
- cómo se llaman estas secuencias de alimentación, si se pueden formar más con todos los seres vivos, si se parecen en algo entre sí o son todas diferentes, si hay seres vivos que no se encuentren en estas secuencias, si existen estas secuencias también en el mar, el desierto, las selvas, los polos, etc.
- hay lugares en los que no existen pinos y puede que sí existan halcones, o viceversa, ¿qué ocurre entonces?

## **1.2. REFORMULAR EL PROBLEMA PARA TRABAJARLO MEJOR**

**Ya que la situación problemática inicial es muy amplia, decido lo que quiero investigar. Cambio su enunciado para definir exactamente lo que voy a investigar.**

Se puede investigar qué puede ocurrirles a cualquiera de las otras especies, e incluso cuestionar la permanencia de todas ellas, así algunas reformulaciones de interés serían:

- 1ª “Extinguidos los cucos, ¿qué les ocurriría a los halcones?”
- 2ª “Extinguidos los cucos, ¿qué les ocurriría a las procesionarias?”
- 3ª “Extinguidos los cucos, ¿qué les ocurriría a los pinos?”
- 4ª “Extinguidos los cucos, ¿qué les ocurriría a las bacterias y hongos?”
- 5ª “Extinguidos los cucos, ¿desaparecerían también el resto de especies?”
- 6ª “Si se consiguen cucos en otra parte del mundo y se introducen donde han sufrido la enfermedad, ¿se podrían evitar otras extinciones?”

### **1.3. RESTRINGIR LAS CONDICIONES DE ESTUDIO DEL PROBLEMA QUE HE DECIDIDO INVESTIGAR**

**Indico los conceptos científicos que tengan verdadera importancia para el problema que he decidido investigar, así evito estudiar otras cosas que no influyan.**

Convendría restringir ciertos aspectos para una mejor resolución de esta situación problemática:

- los conceptos científicos que se estudiarían serían los mencionados en el apartado 1.1. (pinos, procesionarias, cucos, halcones, bacterias, hongos, su secuencia de alimentación, si siempre aparecen estas especies juntas o pueden aparecer separadas, individuo, especie, enfermedad, extinciones de especies, si existen otras secuencias de alimentación en las que aparezcan estas mismas especies junto con otras, etc.).
- también sería interesante investigar si las especies de esta secuencia se alimentan de otras especies, como por otra parte suele ocurrir con la mayoría de seres vivos, ya que en los ecosistemas suele haber un mayor número de especies diferentes y podría darse el caso de que no influyera mucho la pérdida de los cucos.
- la enfermedad ya ha acabado con los cucos, les ha hecho morir de forma masiva y rápida. Luego no se contemplaría la posibilidad de que se extendiese la enfermedad a otras especies por comerse a los individuos enfermos o sus cadáveres. Se partiría de que ya no hay cucos, aunque sí conviene conocer lo que hacían y comían.
- son de interés sólo las relaciones de alimentación entre las especies, por tanto no se contemplarán otras relaciones como las luchas por el otro sexo y el territorio o la reproducción entre los individuos de la misma especie, tampoco se contemplarán otras relaciones entre estas especies y otras que puedan existir en ese medio o ecosistema. Aunque se sabe que existen dichas relaciones se considerará que no influyen en la secuencia de alimentación.
- es probable que los humanos pudiesen intervenir para tratar de solucionar el problema (si es que lo consideramos como tal), mediante la introducción de nuevos cucos en ese medio o tratando de evitar de otra forma las variaciones en el número de halcones o procesionarias, pero sería alterar el estudio en el sentido de que no se sabría lo que ocurriría de forma natural en el medio. Luego no se va a contemplar la intervención de los seres humanos en ese medio o ecosistema.

**Además, indico los casos extremos que debo considerar desde el punto de vista teórico para que tenga sentido el problema.**

- se podría considerar el caso de que en dicho ecosistema sólo existiesen las especies de la secuencia y extraer conclusiones en consecuencia, pero el problema perdería una gran potencialidad de aprendizaje de conocimientos de interés.
- las relaciones entre las especies son estrictamente alimentarias.
- ya no existen cucos, se han extinguido, y sus cadáveres también han desaparecido ya.
- la enfermedad no afecta a otras especies.
- no existen humanos que puedan o vayan a intervenir para solucionar esta situación problemática.
- se buscan efectos inmediatos en el resto de seres vivos, no cambios evolutivos relacionados con las adaptaciones biológicas.

## **2. PIENSO Y FORMULO MIS HIPÓTESIS (ANTES DE BUSCAR CUALQUIER INFORMACIÓN)**

**Indico las posibles explicaciones que puedan resolver la situación problemática que he decidido investigar, las cuales se comprobarán si son válidas. Es decir, ¿cuál es la causa o qué puede ocurrir y por qué?**

Las hipótesis se enuncian en relación con la reformulación que se haya elegido investigar. Aquí se presentan varias hipótesis para las reformulaciones de mayor interés, que son las tres primeras, ya que:

- La cuarta pierde interés al conocer que las bacterias y hongos se encuentran siempre en gran número y no van a verse afectados.
- La quinta sigue siendo muy amplia porque es difícil investigar a la vez todas las especies.
- La sexta no se contempla porque una de las restricciones tomadas anteriormente era no considerar la posible actuación de los humanos para solucionar la situación problemática.

### **Reformulación 1ª: Extinguidos los cucos, ¿qué les ocurriría a los halcones?**

H<sub>1</sub>: No les ocurriría nada a los halcones porque pasarían a alimentarse de las procesionarias, ya que son las siguientes en la secuencia de alimentación.

H<sub>2</sub>: Los halcones se extinguirían al faltar su principal fuente de alimento, el cuco.

H<sub>3</sub>: El número de halcones no variaría, ya que seguro que también comen otras presas.

**Reformulación 2ª: Extinguidos los cucos, ¿qué les ocurriría a las procesionarias?**

H<sub>1</sub>: El número de procesionarias aumentaría mucho al desaparecer su depredador.

H<sub>2</sub>: El número de procesionarias aumentaría un poco, pero no mucho, porque seguro que tienen más depredadores que acaben con ellas.

H<sub>3</sub>: El número de procesionarias no variaría porque los halcones ocuparían el lugar de la secuencia que ocupaba el cuco y seguirían siendo cazadas igual que antes.

**Reformulación 3ª: Extinguidos los cucos, ¿qué les ocurriría a los pinos?**

H<sub>1</sub>: No les pasaría nada a los pinos porque el cuco no comía nada de los pinos.

H<sub>2</sub>: No les pasaría nada a los pinos porque ahora serían los halcones los que se comerían a las procesionarias.

H<sub>3</sub>: El número de pinos disminuiría mucho al ser devorados por un mayor número de procesionarias que no son comidas por los cucos.

H<sub>4</sub>: El número de pinos disminuiría un poco al ser devorados por un mayor número de procesionarias, ya que otros depredadores de las procesionarias que no son los cucos no pueden controlar su número.

<b>RESUELVO LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA</b>
---

**3. PIENSO Y DISEÑO UN EXPERIMENTO O ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO QUE ME PERMITIRÁ COMPROBAR UNA DE MIS HIPÓTESIS, PARA ASÍ IR RESOLVIENDO EL PROBLEMA QUE TENGO (CADA HIPÓTESIS TENDRÁ SU PROPIO EXPERIMENTO O ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO)**

**3.1. Elijo e indico la hipótesis que voy a investigar.**

A continuación se realiza una investigación para cada una de las reformulaciones propuestas que permita desmontar todas las hipótesis que no se cumplan y descubrir la que sí se cumpla para cada reformulación.

**3.2. Explico mi experimento o plan de investigación bibliográfica y todos los pasos que voy a seguir, qué voy a medir o la información que voy a buscar, con qué aparatos o en qué fuentes de información, qué material necesito,**

**cómo voy a recoger y presentar los datos, represento con dibujos o esquemas mi plan de investigación (si lo creo conveniente), etc.**

Podría intentarse diseñar un experimento con especies reales, en un espacio natural, en el que habría que aislar de otras especies a los pinos, procesionarias y halcones para ver como evoluciona cada una de sus poblaciones. Incluso se podrían diseñar pequeños experimentos para ver si los cucos pueden comer partes del pino o los halcones alimentarse de las procesionarias. Sin embargo, se puede considerar una pequeña pérdida de tiempo para los objetivos, ya que no podrían llevarse a cabo al no disponer los alumnos ni el centro escolar de los recursos materiales y económicos, ni de dichas especies.

Por tanto, lo lógico es centrarse en un estudio o investigación bibliográfica que nos pueda aportar la información necesaria para poder comprobar las hipótesis que son correctas o incorrectas de todas las planteadas, y así poder extraer conclusiones finales sobre la situación problemática inicial.

A continuación se presenta, para cada una de las tres reformulaciones que se han presentado como interesantes, el diseño de un pequeño plan de la investigación bibliográfica que se realizaría para la búsqueda de la información necesaria para rechazar o aceptar las hipótesis propuestas.

#### **Reformulación 1ª: Extinguidos los cucos, ¿qué les ocurriría a los halcones?**

- 1º Se investigaría qué son estas secuencias de alimentación y cómo se interpretan.
- 2º Se buscaría, si aún no se sabe, qué son los pinos, procesionarias, cucos, halcones, bacterias y hongos, así como los conceptos de individuo, población y especie. Así se comprenderá perfectamente la secuencia de alimentación de esta situación problemática.
- 3º Se buscaría si la base de la alimentación de los halcones son los cucos, si comen otros seres vivos, y si es así en qué cantidades, y si también pueden comerse a las procesionarias.
- 4º Finalmente, con estas dudas resueltas se podrían extraer conclusiones de lo que les va a ocurrir a los halcones y comprobar si alguna de las hipótesis es correcta.

#### **Reformulación 2ª: Extinguidos los cucos, ¿qué les ocurriría a las procesionarias?**

- 1º Se investigaría qué son estas secuencias de alimentación y cómo se interpretan.
- 2º Se buscaría qué son los pinos, procesionarias, cucos, halcones, bacterias y hongos, así como los conceptos de individuo, población y especie. Así se comprenderá perfectamente la secuencia de alimentación de la situación problemática.



- 3° Se buscaría si las procesionarias son la base de la alimentación de los cucos, si son comidas por otros seres vivos, y si es así en qué cantidades, y si también pueden ser comidas por los halcones.
- 4° Finalmente, con estas dudas resueltas se podrían extraer conclusiones de lo que les va a ocurrir a las procesionarias y comprobar si alguna de las hipótesis es correcta.

### **Reformulación 3ª: Extinguidos los cucos, ¿qué les ocurriría a los pinos?**

- 1° Se investigaría qué son estas secuencias de alimentación y cómo se interpretan.
- 2° Se buscaría qué son los pinos, procesionarias, cucos, halcones, bacterias y hongos, así como los conceptos de individuo, población y especie. Así se comprenderá perfectamente la secuencia de alimentación de la situación problemática.
- 3° Se buscaría si los pinos son la base de la alimentación de las procesionarias, si los pinos son comidos por otros seres vivos, si también las procesionarias se comen a otras especies vegetales y si las procesionarias son comidas por otros seres vivos.
- 4° Finalmente, con estas dudas resueltas se podrían extraer conclusiones de lo que les va a ocurrir a los pinos y comprobar si alguna de las hipótesis es correcta.

### **3.3. Explico si hay más formas de resolverlo y si se parece a otros problemas que he visto antes.**

Sí hay más formas de resolverlo, como haciendo los experimentos comentados anteriormente con especies reales que requerirían muchos recursos (naturales, materiales, económicos y humanos) que no tenemos, o bien mediante la organización de una búsqueda bibliográfica diferente según el orden de las informaciones que deben ser buscadas.

Esta situación problemática se parece algo al de la isla con una plaga de ratones, una de las situaciones problemáticas de entrenamiento.

## **4. REALIZO EL EXPERIMENTO O LA INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA PARA LA HIPÓTESIS ELEGIDA**

### **4.1. Desarrollo todos los pasos del experimento o de la investigación bibliográfica que he diseñado y describo todo el proceso: observaciones, medidas, datos o información de interés, gráficas, tablas, errores, cosas que me van sucediendo durante la investigación, etc.**

Durante la investigación de cualquiera de las tres reformulaciones se van repasando conceptos vistos anteriormente, descubriendo conceptos nuevos y resolviendo muchos de los interrogantes que han podido ir surgiendo a lo largo de la investigación, entre ellos son de destacar:

- se repasa los conceptos de individuo, población, especie, organismos autótrofos (nutrición autótrofa), organismos heterótrofos (nutrición heterótrofa), plagas, ecosistema (biotopo y biocenosis), suelo y adaptación frente a acomodación.
- aparecen conceptos nuevos como los de Cadenas tróficas, Redes tróficas, Niveles tróficos (Productores, Consumidores y Descomponedores).
- se conoce o recuerda qué son y qué hacen los pinos, cucos, procesionarias, halcones, bacterias y hongos, así como qué es la plaga de la procesionaria del pino.
- se pueden abordar conocimientos como la contaminación o las enfermedades a través de las cadenas y redes tróficas, alteraciones de las cadenas por desapariciones o extinciones de especies, el modelo depredador-presa y el control biológico de plagas.

#### 4.2. Aporto todos los datos obtenidos del experimento o de la investigación bibliográfica.

Durante la investigación de cualquiera de las tres reformulaciones se han repasado conceptos vistos anteriormente, descubierto conceptos nuevos y resuelto muchos de los interrogantes que surgieron a lo largo de la investigación:

- **Individuo:** cada ser vivo organizado de cualquier especie y de cualquiera de los cinco reinos al que pertenezca.
- **Especie:** conjunto de individuos muy semejantes entre sí, que pueden reproducirse entre sí, cuya descendencia es fértil y que pueden habitar lugares diferentes formando poblaciones diferentes.
- **Población:** conjunto de individuos de la misma especie, muy semejantes, que se pueden reproducir entre sí, cuya descendencia es fértil y habitan en un mismo lugar.
- **Organismos Autótrofos o de nutrición autótrofa:** organismos (bacterias, algas y vegetales) cuya forma de nutrición no necesita de otros seres vivos, ya que mediante la Fotosíntesis (cogiendo agua, dióxido de carbono, sales minerales y energía solar) o Quimiosíntesis (de forma parecida pero con la energía extraída de las rocas) son capaces de generar materia orgánica como reserva de energía, para crecer y para regenerar sus estructuras.
- **Organismos Heterótrofos o de nutrición heterótrofa:** organismos (bacterias, protoctistas, hongos y animales) cuya forma de nutrición sí necesita de la materia orgánica que constituye el organismo de otros seres vivos para obtener energía y la materia orgánica que les permita a ellos crecer y regenerar sus estructuras.

- **Plaga:** gran abundancia de cualquier tipo de organismo que perjudique a los humanos de forma directa o indirecta para sus actividades relacionadas con otros seres vivos útiles, por ejemplo, en la agricultura, en el buen estado de los árboles que deben ser aprovechados, etc.
- **Ecosistema:** es el conjunto de interrelaciones que se establecen entre el Biotopo (conjunto de factores ambientales de un lugar y todas sus interrelaciones) y la Biocenosis (conjunto de poblaciones de seres vivos que habitan en dicho lugar y todas sus interrelaciones).
- **Suelo:** parte del biotopo de un ecosistema que constituye la interfase entre la roca madre y la atmósfera. Sobre él se desarrollan las plantas, del cual obtienen las sales minerales (materia inorgánica) y el agua necesarias para realizar la fotosíntesis. Estas sales minerales son nuevamente puestas a disposición de las plantas por la descomposición que las bacterias y hongos realizan de la materia orgánica procedente de los restos orgánicos y cadáveres de cualquier ser vivo.
- **Adaptación-Tiempo adaptativo frente a Acomodación:** son dos conceptos diferentes que conviene distinguir:
  - la adaptación de las especies es un proceso de cambios importantes que se producen en el organismo y/o en las funciones que los seres vivos realizan en su medio y que requieren grandes periodos de tiempo (Tiempo adaptativo), con excepciones, del orden de miles y millones de años.
  - la acomodación es un proceso de cambio, nunca orgánico, que suele producirse en el comportamiento y hábitos de una especie cuando por alguna causa no puede seguir actuando como lo hacía. Este proceso, sin embargo, se produce de forma relativamente inmediata frente a la aparición de la causa generadora de la modificación de sus hábitos.
- **Niveles tróficos:** son los niveles en que se agrupan los organismos que tienen la misma manera de nutrirse, o lo que es lo mismo de obtener la materia y la energía de la misma forma. Se distinguen los siguientes niveles:
  - Productores:** son los organismos autótrofos (algas, plantas y algunas bacterias) capaces de producirse su propia materia orgánica a partir de sales minerales, agua, dióxido de carbono y de la energía del sol (fotosintéticos) o de la energía extraída de sustancias inorgánicas como las rocas (quimiosintéticos).
  - Consumidores:** son organismos heterótrofos que necesitan coger la materia y la energía almacenada en otros organismos. Hay varios tipos: **Consumidores primarios** (herbívoros y zooplancton) que se alimentan

de los productores, **Consumidores secundarios** (carnívoros depredadores) que se alimentan de los consumidores primarios, **Consumidores terciarios** (carnívoros depredadores) que se alimentan de consumidores secundarios y **Consumidores cuaternarios** (carnívoros superpredadores) que se alimentan de consumidores terciarios.

**-Descomponedores o transformadores:** Son organismos heterótrofos (algunas bacterias y hongos) que obtienen la materia y la energía que necesitan para nutrirse de la materia orgánica existente en los restos de organismos y sus cadáveres (de todos los niveles tróficos, incluido este). Esto lo consiguen mediante la descomposición o transformación de dicha materia orgánica y el resultado de su nutrición es la producción de materia inorgánica que quedará disponible en el agua o el suelo para su utilización por los productores. Por eso son un grupo de organismos imprescindible en los ecosistemas.

- **Cadenas tróficas:** también llamadas cadenas alimentarias o alimenticias. Son las relaciones alimentarias que establecen los seres vivos de los ecosistemas para satisfacer sus necesidades de alimento, es decir, para obtener la materia y la energía que necesita todo ser vivo. Tienen unas características que conviene conocer:

- cada ser vivo, de la cadena representada de ese ecosistema, es un eslabón.
- cada eslabón representa a toda la población de ese ser vivo en ese ecosistema.
- las flechas representan el sentido del flujo de energía, aunque es habitual hablar de "el organismo x es comido por el organismo señalado por la flecha". Esto último es un error habitual que sólo tendría utilidad como paso intermedio hacia una comprensión real del modelo.
- no suelen tener más de cuatro o cinco eslabones.
- hay cadenas tróficas en cualquier ecosistema terrestre o acuático.
- no hay ningún organismo que no coma nada o no sea comido por algún otro en uno u otro momento (aunque sólo sea cuando ya es un cadáver), luego no deberían aparecer eslabones de las cadenas sin flechas.
- siempre comienzan igual, el primer eslabón es un organismo autótrofo (Productores), el segundo eslabón es un organismo heterótrofo herbívoro (Consumidores primarios), el tercer eslabón es un organismo heterótrofo carnívoro-depredador (Consumidores secundarios) y puede que existan un tercer y/o cuarto eslabones de organismos heterótrofos carnívoros-superpredadores (Consumidores terciarios y cuaternarios).

- **Redes tróficas:** también llamadas redes alimentarias o alimenticias. Son una visión más real (aunque también más compleja) de las relaciones alimentarias existentes entre los seres vivos de los ecosistemas. Son el conjunto de cadenas tróficas de los ecosistemas relacionadas entre sí, ya que todos los organismos heterótrofos se alimentan de otros varios tipos de

organismos, todo depredador suele tener más de una presa y toda presa suele tener más de un depredador. Tienen también unas características que conviene conocer:

- se cumplen todas las características mencionadas para las cadenas tróficas.
- cualquier eslabón puede recibir más de una flecha.
- pueden cruzarse las flechas.
- convendría representar a los organismos descomponedores (bacterias y hongos) que no se representan en las cadenas tróficas, para dar una visión más completa y real de todas las relaciones alimentarias existentes en los ecosistemas.
- sería interesante que fuesen representadas de forma que se pudiese distinguir por escalones o áreas a los distintos niveles tróficos mencionados anteriormente.
- las redes tróficas de un ecosistema suelen estar conectadas a su vez con las redes tróficas de otros ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos, por tanto de no dejan de ser una simplificación de las relaciones alimentarias que realmente existen en la naturaleza.

- **Pinos (*Pinus sp.*):** organismos pluricelulares autótrofos, del reino Plantas y nivel trófico de los Productores:

- son árboles que hacen la fotosíntesis para "alimentarse".
- no comen otros seres vivos (no son plantas carnívoras).
- sus hojas aciculares sí sirven de alimento a organismos herbívoros o consumidores primarios como las procesionarias.
- forman grandes bosques de coníferas en la región mediterránea que suelen verse afectados por las plagas de voraces procesionarias.
- el resultado de una plaga de procesionaria es la defoliación total de los árboles y consecuentemente su muerte.

- **Procesionarias (*Thaumetopoea pityocampa* y *Thaumetopoea pinivora*):** organismos pluricelulares heterótrofos, del reino Animal y nivel trófico de los Consumidores primarios o Herbívoros:

- son insectos lepidópteros (con fase de oruga y fase de mariposa).
- son dos especies, la primera es la procesionaria de invierno y la segunda la procesionaria de verano.
- se caracterizan por los bolsones blanquecinos que forman en las ramas de los pinos, donde hacen la puesta y se refugian las orugas, y por las largas hileras o procesiones de orugas que forman cuando éstas se desplazan.
- se alimentan de las hojas aciculares de las diferentes especies de pinos.
- la procesionaria de invierno es la de mayor importancia por el tamaño de sus poblaciones y, por tanto, por su mayor poder defoliador de los pinos.

-son la principal fuente de alimento de los cucos y de los coleópteros *Calossoma sycophanta*, pero también sirven de alimento a otras aves de la familia de los páridos.

-forman grandes plagas que afecta a los bosques de coníferas, conocida como la Procesionaria del pino, provocando la muerte masiva de estos árboles.

- **Cucos (*Cuculus canorus*):** organismos pluricelulares heterótrofos, del reino Animal y nivel trófico de los Consumidores secundarios:

-son aves carnívoras depredadoras de insectos y de sus larvas, pero también de babosas y miriápodos.

-su principal base de alimentación son las procesionarias.

-pueden alimentarse de las procesionarias porque poseen una membrana estomacal que pueden expulsar regurgitándola y regenerándola.

-su labor depredadora es esencial, junto con otros depredadores de las procesionarias, para evitar sus plagas.

- **Halcones (*Falco peregrinus*):** organismos pluricelulares heterótrofos, del reino Animal y nivel trófico de los Consumidores terciarios e incluso cuaternarios:

-son aves carnívoras depredadoras de otras aves, principalmente de las diferentes especies de palomas. Acaban con las plagas de palomas y con aquellas que están enfermas, impidiendo que se extiendan sus enfermedades.

-entre sus presas también aparecen de forma ocasional los cucos.

-no capturan mamíferos, insectos, ni otros seres vivos que no sean aves.

-por tanto, no se alimentan de procesionarias.

- **Bacterias:** organismos unicelulares heterótrofos, del reino Moneras y nivel trófico de los Descomponedores o Transformadores:

-son seres vivos microscópicos.

-algunas causan enfermedades, otras intervienen en la formación de algunos alimentos, la descomposición de organismos muertos o frutos, etc.

-para esta situación problemática sólo interesan aquellas que realizan la descomposición de restos orgánicos y cadáveres.

- **Hongos:** organismos unicelulares o pluricelulares heterótrofos, del reino Hongos y nivel trófico de los Descomponedores o Transformadores:

-son seres vivos microscópicos o no, como en el caso de las setas (sus cuerpos fructíferos).

-algunos causan enfermedades, otros intervienen en la formación de algunos alimentos, la descomposición de organismos muertos o frutos, etc.

-para esta situación problemática sólo interesan aquellos que realizan la descomposición de restos orgánicos y cadáveres.

- **Plaga de la procesionaria del pino:** se trata de la plaga de este insecto que se conoce muy bien en la actualidad. Afecta a los bosques de coníferas, lo que está mermando su cantidad y calidad y, por tanto, alterando el aprovechamiento que los seres humanos hacemos de estos bosques. Los factores que pueden favorecer el desarrollo de esta plaga pueden ser varios:

- las condiciones ambientales favorables para la reproducción de la procesionaria.
- la ausencia de depredadores en cantidad, eficacia o eficiencia para controlar el número de procesionarias.
- los monocultivos de pinos, que pueden facilitar el desarrollo anormal de las poblaciones de procesionarias.

- **Contaminación o enfermedades a través de las cadenas y redes tróficas:** son dos casos diferentes que también suelen tener consecuencias diferentes:

- las enfermedades causadas por agentes patógenos (virus, bacterias, parásitos, hongos, etc.) que afectan a una especie, en general, no se transmiten a otras especies a través de la dieta, pues las enzimas digestivas ya se ocupan de acabar con ellos. Además, entre las especies la selección de los más aptos suele ser bastante rápida, por lo que no se observan alergias alimentarias, intolerancias, ni todos esos problemas que sí afectan a los humanos. De hecho son los depredadores los que se ocupan de eliminar a las presas enfermas, pues suelen ser los más débiles y lentos, impidiendo así que se extiendan las enfermedades. La transferencia de enfermedades entre especies suele tener otras vías diferentes a la dieta y suelen requerir ciertas modificaciones estructurales en los patógenos que les permita afectar a nuevas especies.
- el caso de los contaminantes es diferente y mucho más claro, ya que se ha comprobado que los contaminantes pasan de unos organismos a otros a través de la dieta, con consecuencias diferentes en especies diferentes, adquiriendo concentraciones mucho más elevadas en los tejidos grasos de los organismos de los niveles tróficos superiores. Incluso pueden afectar a los humanos al ingerir en su dieta organismos con altas concentraciones de estos contaminantes.

- **Alteraciones de las cadenas por desapariciones o extinciones de especies:** se trata de un verdadero problema para el conjunto de especies de un ecosistema, ya que si se da el caso de que un eslabón de la cadena desaparece lo más probable es que se altere el número de individuos de la especie de la que se alimentaba y de la que servía de alimento. Aunque las cadenas son una simplificación de la realidad, no es ilógico pensar que va a haber alteraciones, ya que la especie desaparecida tenía su función en el ecosistema e influía sobre otras especies en mayor o menor grado. Las

plagas suelen ser una consecuencia de la ausencia o desaparición de especies depredadoras de la especie que forma la plaga.

- **Modelo depredador-presa:** un ejemplo de las alteraciones normales que suelen ocurrir en los ecosistemas a causa de las relaciones de alimentación entre las especies es el conocido como modelo depredador-presa:
  - se suele aplicar al estudio de la variación del número de individuos de una población de carnívoros frente a la variación del número de individuos de una población de herbívoros (como el ejemplo de los lince y las liebres).
  - no obstante, también serviría para las variaciones poblacionales entre depredador-superpredador o entre productor-herbívoro.
  - consiste en el aumento del número de depredadores cuando hay muchas presas que sirven de alimento, pero a consecuencia de más depredadores el número de presas empezará a reducirse hasta que no haya suficientes presas para todos. El resultado es que el número de depredadores comenzará a reducirse, lo que volverá a favorecer el aumento de la población de las presas.
  - por tanto, la población de depredadores regula el número de individuos de la población de presas y la población de presas están regulando el número de individuos de la población de depredadores.
  - la conclusión es que se establece cierto equilibrio dinámico de sus poblaciones a lo largo del tiempo.
  - se trata de un modelo algo simple, porque tanto los depredadores como las presas que se estudien pueden verse afectados por otros factores como enfermedades, explotación humana, condiciones ambientales adversas, etc., que contribuyan a la reducción del número de individuos de esa población de presas o depredadores.
  - aunque haya especies que basen su dieta en otra, en general, suelen tener otras fuentes de alimentación, por lo que su variación poblacional frente a la desaparición de dicha especie básica tampoco debería ser muy brusca. No obstante, las otras especies que sirvan de alternativa sí sufrirán una mayor presión y un mayor descenso poblacional.
- **Control biológico de plagas:** en los ecosistemas alterados por los humanos como bosques o cultivos basados en el monocultivo suelen aparecer plagas, sin embargo, en los ecosistemas naturales no suelen aparecer plagas porque las poblaciones de las diferentes especies suelen estar controladas constantemente por sus depredadores, parásitos, etc. El control biológico de las plagas se basa en mantener a raya las poblaciones de los individuos que forman las plagas mediante métodos biológicos (introducción de depredadores, parásitos o machos estériles de la especie plaga) frente a los métodos químicos (plaguicidas) que favorecen la contaminación de suelos, aguas y otras especies.



## **ANALIZO TODO EL PROCESO REALIZADO**

### **5. ANALIZO LOS DATOS OBTENIDOS PARA ESA HIPÓTESIS Y TRATO DE SOLUCIONAR LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

#### **5.1. Comparo los datos obtenidos con la hipótesis elegida y explico si se cumple o no esa hipótesis.**

- **Reformulación 1ª: Extinguidos los cucos, ¿qué les ocurriría a los halcones?**

La hipótesis 1 se rechazaría porque los halcones no pueden alimentarse de las procesionarias.

La hipótesis 2 también se rechazaría porque los cucos no son la principal fuente de alimento de los halcones.

La hipótesis 3 se aceptaría porque los halcones comen muchas otras presas, luego su población no variaría por la desaparición de los halcones de ese ecosistema.

- **Reformulación 2ª: Extinguidos los cucos, ¿qué les ocurriría a las procesionarias?**

La hipótesis 1 se rechazaría porque el cuco no es su único depredador.

La hipótesis 3 también se rechazaría porque los halcones no pueden alimentarse de las procesionarias.

La hipótesis 2 se aceptaría porque las procesionarias también sirven de alimento a algunos páridos (una familia de aves) y al coleóptero *Calossoma sycophanta*, luego la población de procesionarias aumentaría pero no mucho.

- **Reformulación 3ª: Extinguidos los cucos, ¿qué les ocurriría a los pinos?**

La hipótesis 1 se rechazaría porque lo que nos interesa estudiar es lo que ahora puedan hacer las procesionarias sin ser depredadas por los cucos.

La hipótesis 2 se rechazaría porque los halcones no pueden alimentarse de las procesionarias.

La hipótesis 3 también se rechazaría porque los cucos no son los únicos depredadores de las procesionarias.

La hipótesis 4 se aceptaría porque las procesionarias también sirven de alimento a algunos páridos (una familia de aves) y al coleóptero *Calossoma sycophanta*, luego la población de procesionarias aumentaría pero no mucho y, por tanto, el número de pinos disminuiría un poco al ser devorados por un mayor número de procesionarias.

#### **5.2. Indico si son lógicos o no los resultados obtenidos y explico mis conclusiones sobre la solución a esta situación problemática reformulada en el punto 1.2.**

Los resultados obtenidos parecen lógicos para las tres reformulaciones porque es lógico pensar que:

- las especies no se alimenten exclusivamente de otra.
- los carnívoros no puedan comer vegetales, los herbívoros no puedan comer animales, los que comen grandes presas no puedan cazar insectos, etc.
- las poblaciones varíen el número de individuos en función de la disponibilidad de alimentos.

Lo que está claro es que la desaparición de una especie de un ecosistema no va a suponer la desaparición del resto de especies, pero sí una reestructuración en el número de individuos de sus poblaciones hasta encontrar un nuevo equilibrio entre los depredadores, presas, productores, etc. En todos los casos propuestos en las reformulaciones se puede llegar a investigar:

- las cadenas tróficas, como modelos simplificadores de la realidad aunque muy útiles para tratar de entenderla.
- la dificultad, aunque no imposibilidad en ciertos casos, de que las especies puedan alimentarse de otros de los eslabones cuando desaparece un eslabón (lo que rechaza algunas de las hipótesis propuestas).
- la no rigidez de estas cadenas porque son una simplificación de la realidad, ya que casi ninguna especie come exclusivamente una cosa (lo que rechaza algunas de las hipótesis propuestas).
- la no necesidad, aunque sí posibilidad, de extinción de otras especies de la cadena si desaparece uno de los eslabones (lo que rechaza algunas de las hipótesis propuestas).
- las redes tróficas, como un nuevo concepto que englobaría muchas cadenas tróficas relacionadas, que soluciona muchos de los problemas que se planteaban al principio con las reformulaciones.
- el modelo depredador-presa si se investiga la variación a lo largo del tiempo de las poblaciones de individuos de cada especie en un ecosistema determinado.
- la influencia de las enfermedades y los contaminantes a través de las cadenas y redes tróficas.
- el concepto de acomodación en los hábitos alimenticios frente al concepto de adaptación biológica.
- el concepto del control biológico de las plagas.

En el Anexo IV (p.379) se presenta un ejemplo de resolución de esta situación problemática realizada por un grupo de alumnos.

## **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 4**

### **¿Cuántas vacas puede mantener un prado?**

(Luffiego y Rabadán, 2000,482)

### **Aclaraciones de su diseño**

Las razones por las que se ha elegido esta situación problemática para la investigación son varias:

- Aborda conocimientos conceptuales que sí se han tratado en la Educación Primaria durante varios años, por lo que interesaba conocer los aprendizajes que habían construido los alumnos.
- La situación problemática es típica en ecología, aunque no para estos niveles educativos. No obstante, al disponer de algoritmos y menor dificultad para ser cerrada y obtener valores concretos podría servir a los alumnos para comprender mejor la forma de abordar la resolución de los problemas con la MRPI.

### **Contenidos**

- Ecosistema prado.
- Cadenas y Redes tróficas del prado.
- Niveles tróficos del prado.
- Materia y energía en los ecosistemas.
- Sol: fuente de energía.
- Flujo de Energía.
- Ciclos de Materia o Biogeoquímicos.
- Descomponedores y cierre de ciclos.
- Biomasa.
- Producción.
- Pirámides ecológicas (de biomasa, de números y de energía.)

### **Objetivos**

- Repasar contenidos importantes como Individuo, Especie, Población, Organismos autótrofos y heterótrofos, Relaciones alimentarias entre especies, Cadenas y Redes tróficas y Niveles tróficos (Productores, Consumidores y Descomponedores).
- Conocer y comprender algunos conceptos nuevos e importantes de esta UD de ecología como: Materia y energía en los ecosistemas; Sol como fuente de energía; Flujo de Energía; Ciclos de Materia o Biogeoquímicos; Descomponedores y cierre

de ciclos; Biomasa; Producción; Pirámides ecológicas (de biomasa, de números y de energía.).

## **Resolución**

Se debe realizar una investigación que seguirá las fases de la Plantilla de Resolución de Problemas a entregar a los alumnos:

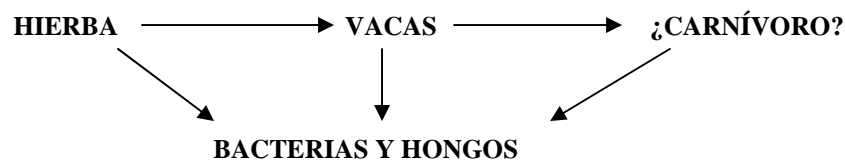
### **TRATO DE ENTENDER EL PROBLEMA O LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

#### **1. LA ANALIZO CON LO QUE SÉ (ANTES DE BUSCAR CUALQUIER INFORMACIÓN)**

##### **1.1. REPRESENTAR LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA PARA COMPRENDERLA**

**Explico a qué se refiere el problema o situación problemática.**

Esta situación problemática es otro ejemplo de cómo unos seres vivos se alimentan de otros. En este caso las vacas se van a alimentar de la hierba del prado para sobrevivir formando una cadena trófica como las que ya se conocen. Incluso puede existir algún carnívoro que a su vez se alimente de las vacas y, lógicamente, habrá descomponedores (porque están en todos los lugares) que se ocupen de alimentarse de todos los cadáveres del prado, así como de excrementos y restos de materia orgánica.



Para comenzar el análisis hay que saber varias cosas, entre ellas que:

- una vaca es un animal consumidor primario (herbívoro).
- al hablar de prado, el cual puede ser húmedo o seco, se está refiriendo a un tipo de ecosistema caracterizado por estar formados básicamente por plantas herbáceas, de diferentes alturas, y en los que viven una importante cantidad de invertebrados, pequeños carnívoros y herbívoros e, incluso, algún gran herbívoro.
- respecto al verbo mantener, se refiere a que sea capaz de alimentar a las vacas según la cantidad de hierba (productores) que se produzcan en este prado.

En este problema se deben manejar importantes conceptos de esta unidad de ecología que aún no han aparecido en la UD, entre ellos los de biomasa, producción, productividad, flujo de energía, ciclos de materia, pirámides

tróficas o de biomasa y, un concepto de especial importancia, el de capacidad de carga del sistema.

Se debe entender el prado como un ecosistema, con sus factores bióticos y abióticos, en el que se desarrollará principalmente la corta cadena trófica que se ha presentado (hierba-vaca). La cantidad de hierba (Biomasa de hierba) estará en función de la riqueza del suelo en nutrientes y agua y de la cantidad de energía solar (Flujo de Energía) que reciba el prado dependiendo de la latitud a la que se halle, para que la hierba pueda hacer la fotosíntesis. A su vez el agotamiento de nutrientes del suelo se verá repuesto (Ciclos de Materia) por la descomposición de las heces, orina y restos orgánicos de las vacas del prado. Igual que el agua por la lluvia.

La cantidad de vacas (Biomasa de vacas) estará en función del tamaño del prado, de la cantidad de hierba, de su velocidad de alimentación, del número de vacas inicial, de su tiempo de reproducción, de si reciben alimento extra por la acción de los humanos, de si existen competidores por la hierba o depredadores de las vacas, etc. Todos estos factores determinarían la Capacidad de carga del sistema-prado para que la relación entre estas especies se pueda mantener en el tiempo.

Se aprovecharía para abordar los conceptos de Productividad, relacionado con la Biomasa y la Producción, así como el de Pirámides tróficas, Biomasa, Producción, etc..., que ayudan a entender el funcionamiento de los ecosistemas.

Es decir, se trata de un problema bastante complejo cuyo nivel de profundización dependerá de las capacidades de cada alumno. Pero además requerirá de una importante aplicación de restricciones que hagan del problema que sea operativo. Entre ellas se consideraría que: el prado está cerrado y no hay competidores por la hierba ni depredadores de las vacas, no reciben alimento extra de los humanos, se comienza con un número muy reducido de vacas que puedan reproducirse y criar, todas las vacas comen siempre la misma cantidad de hierba y que la cantidad de nutrientes que vuelve al suelo, el agua y la energía solar sean suficientes.

**Además, indico y explico los conceptos científicos que tengo que tener en cuenta para solucionarlo, es decir, lo que ya sé y lo que debería saber tras la investigación con experimentos o búsqueda de información bibliográfica.**

Para resolverlo convendría conocer:

- qué son las vacas y los prados.
- las vacas son herbívoros, organismos heterótrofos (como se ha visto en problemas anteriores), porque se alimentan de la hierba de los prados.

- los prados son extensiones de terreno, sin árboles, en los que predominan las hierbas o herbáceas, organismos autótrofos (como se ha visto en problemas anteriores), que hacen la fotosíntesis para "alimentarse" y no comen otros seres vivos.
- cada ser vivo es un "individuo", sea planta (hierba), animal (vaca), bacteria, hongo, etc.
- todos los individuos de cada ser vivo pertenece a una "especie" y pueden formar "poblaciones" allí donde habiten. Ya se han tratado previamente los conceptos de especie y población anteriormente.
- las cadenas y redes tróficas que existen entre los seres vivos en la naturaleza también pueden existir en los prados, de hecho, la hierba estaría al principio de la cadena y sería comida por la vaca, que a su vez sería comida por algún carnívoro.
- seguramente en los prados también existen descomponedores como las bacterias y hongos, organismos heterótrofos, que intervienen en la descomposición de organismos muertos, frutos, excrementos, etc.

## **1.2. REFORMULAR EL PROBLEMA PARA TRABAJARLO MEJOR**

**Ya que la situación problemática inicial es muy amplia, decido lo que quiero investigar. Cambio su enunciado para definir exactamente lo que voy a investigar.**

Se puede investigar o bien el número de vacas que podrían sobrevivir en un prado o si sobrevivirían un número concreto de vacas en dicho prado. Así alguna reformulación de interés sería:

- 1ª “¿Cuántas vacas se pueden alimentar con la hierba que crece en un prado durante un tiempo determinado?”
- 2ª “¿Cuántas vacas como máximo pueden alimentarse con la hierba que se produce en un prado de "x" tamaño (superficie) durante "y" tiempo?”
- 3ª “¿Podrían alimentarse "z" vacas con la hierba que se produce en un prado de "x" tamaño (superficie) durante "y" tiempo?”

## **1.3. RESTRINGIR LAS CONDICIONES DE ESTUDIO DEL PROBLEMA QUE HE DECIDIDO INVESTIGAR**

**Indico los conceptos científicos que tengan verdadera importancia para el problema que he decidido investigar, así evito estudiar otras cosas que no influyan.**

Convendría restringir ciertos aspectos para una mejor resolución de esta situación problemática:

- los conceptos científicos que se estudiarían serían la cantidad de hierba, la cantidad de vacas y el prado como ecosistema.
- también sería interesante investigar si las especies de este prado se alimentan de otras especies, como por otra parte suele ocurrir con la mayoría de seres vivos, ya que en los ecosistemas suele haber un mayor número de especies diferentes.
- son de interés sólo las relaciones de alimentación entre las especies, por tanto no se contemplarán otras relaciones como las luchas por el otro sexo y el territorio o la reproducción entre los individuos de la misma especie.
- es probable que los humanos pudiesen intervenir para aportar más alimento a las vacas, evitar depredadores, evitar enfermedades, extraer la leche de las vacas, favorecer su reproducción, etc., pero sería alterar el estudio en el sentido de que no se sabría lo que ocurriría de forma natural en el medio.
- el prado debe estar localizado en una zona con abundantes precipitaciones para mantener el prado húmedo para la fotosíntesis de la hierba y las necesidades de las vacas, por ejemplo, Asturias o Galicia.
- el suelo del prado también deberá ser fértil para aportar las suficientes sales minerales para la fotosíntesis vegetal y, por tanto, los suficientes nutrientes para las vacas.

**Además, indico los casos extremos que debo considerar desde el punto de vista teórico para que tenga sentido el problema.**

- se va a considerar el caso de que en dicho prado como ecosistema sólo existiesen las vacas y la hierba, y extraer conclusiones en consecuencia, pero el problema no va a perder potencialidad de aprendizaje y/o repaso de conocimientos de interés como los de biomasa, producción, niveles tróficos, pirámides tróficas, ciclos de nutrientes, flujo de energía, etc.
- las relaciones entre las especies son estrictamente alimentarias, por tanto, no se va a considerar la existencia de toros que fecunden a las vacas. Tampoco se contemplarán otras relaciones entre estas especies y otras que puedan existir en el prado como ecosistema. Aunque se sabe que existen dichas relaciones, se considerará que no influyen en la secuencia de alimentación. Tampoco se va a considerar la existencia de ningún herbívoro más ni de ningún depredador que acabase con las vacas.
- tampoco se va a considerar la muerte de las vacas dentro del prado, ni la existencia de enfermedades que pudiesen acabar con ellas.

-no se va a contemplar la intervención de los seres humanos en este medio o ecosistema prado.

-no podrían sobrevivir las vacas en un prado seco, situado en una latitud en que la cantidad de insolación y el régimen de vientos no produjese las suficientes precipitaciones para mantener húmedo el prado y no se muriesen ni la hierba ni las vacas.

## **2. PIENSO Y FORMULO MIS HIPÓTESIS (ANTES DE BUSCAR CUALQUIER INFORMACIÓN)**

**Indico las posibles explicaciones que puedan resolver la situación problemática que he decidido investigar, las cuales se comprobarán si son válidas. Es decir, ¿cuál es la causa o qué puede ocurrir y por qué?**

H<sub>1</sub>: El tamaño del prado va a condicionar el número de vacas, ya que un mayor número de vacas necesitarán más hierba para alimentarse.

H<sub>2</sub>: Un prado húmedo podrá mantener un mayor número de vacas que un prado seco, ya que cuanto mayor producción de biomasa vegetal tenga un prado, mayor número de vacas podrá mantener.

H<sub>3</sub>: El prado debe ser lo suficientemente grande para que la alimentación de las vacas no acabe con toda la hierba antes de que le de tiempo a volver a crecer.

<b>RESUELVO LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA</b>
---

## **3. PIENSO Y DISEÑO UN EXPERIMENTO O ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO QUE ME PERMITIRÁ COMPROBAR UNA DE MIS HIPÓTESIS, PARA ASÍ IR RESOLVIENDO EL PROBLEMA QUE TENGO (CADA HIPÓTESIS TENDRÁ SU PROPIO EXPERIMENTO O ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO)**

### **3.1. Elijo e indico la hipótesis que voy a investigar.**

La elección de la hipótesis a investigar estará en función de los gustos o intereses, no obstante, con el diseño y resolución que se realiza a continuación se pueden contrastar las tres hipótesis.

### **3.2. Explico mi experimento o plan de investigación bibliográfica y todos los pasos que voy a seguir, qué voy a medir o la información que voy a buscar, con qué aparatos o en qué fuentes de información, qué material necesito, cómo voy a recoger y presentar los datos, represento con dibujos o esquemas mi plan de investigación (si lo creo conveniente), etc.**

Lo lógico es centrarse en un estudio o investigación bibliográfica que nos pueda aportar la información necesaria para poder comprobar las hipótesis que son correctas o incorrectas de todas las planteadas, y así poder extraer conclusiones finales sobre la situación problemática inicial.



A continuación se presenta, para la tercera reformulación que se ha presentado como interesante, el diseño de un pequeño plan de resolución algorítmica que se realizaría para la búsqueda de la información o los datos necesarios para rechazar o aceptar la hipótesis a investigar.

Primero, se debe elegir el tamaño del prado, el tiempo que se quiere investigar y, si es el caso según la reformulación realizada, se determinará el número de vacas que se cree que puede mantener dicho prado.

Segundo, se investigaría la producción primaria media anual de los prados, es decir, la biomasa de hierba (gramos de hierba por cada metro cuadrado) que producen los prados a lo largo de un año.

Tercero, se realizará el producto de la producción primaria media anual de hierba por el tamaño del prado y el número de años que se haya decidido investigar.

Cuarto, se calculará el porcentaje de toda la hierba que se comen las vacas.

Quinto, se calculará el porcentaje de la hierba que se han comido las vacas que realmente se convierte en biomasa de vaca.

Finalmente, conociendo la masa de cada vaca se podría calcular el número de vacas que puede mantener dicho prado con la división de toda la biomasa de vaca por la masa de cada vaca.

El tamaño del prado será la variable constante, la producción de hierba será la variable independiente y el número de vacas la variable dependiente.

### **3.3. Explico si hay más formas de resolverlo y si se parece a otros problemas que he visto antes.**

Sí hay más formas de resolverlo, como haciendo los experimentos comentados anteriormente con especies reales que requerirían muchos recursos (naturales, materiales, económicos y humanos) que no tenemos, o bien mediante la organización de una búsqueda bibliográfica diferente según el orden de las informaciones que deben ser buscadas.

## **4. REALIZO EL EXPERIMENTO O LA INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA PARA LA HIPÓTESIS ELEGIDA**

### **4.1. Desarrollo todos los pasos del experimento o de la investigación bibliográfica que he diseñado y describo todo el proceso: observaciones, medidas, datos o información de interés, gráficas, tablas, errores, cosas que me van sucediendo durante la investigación, etc.**

Se elige el tamaño del prado ( $1 \text{ km}^2 = 1.000.000 \text{ m}^2$ ), el tiempo que se quiere investigar (1 año) y, si es el caso según la reformulación realizada, se determinará el número de vacas que se cree que puede mantener dicho prado (20 vacas).

Se calcula la producción primaria media anual de los prados, es decir, la biomasa de hierba (gramos de hierba por cada metro cuadrado) que producen los prados a lo largo de un año. Teniendo en cuenta que  $1 \text{ g de Carbono} / \text{m}^2 \cdot \text{año} = 2,4 \text{ g de biomasa al año}$ , se obtiene de multiplicar  $2,4 \cdot 200 \text{ g de Carbono} / \text{m}^2 \cdot \text{año} = 480 \text{ g de biomasa de hierba al año}$ .

Se calcula el producto de la producción primaria media anual de hierba por el tamaño del prado y el número de años que se haya decidido investigar. Se obtiene de multiplicar  $1.000.000 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ año} \cdot 480 \text{ g de biomasa de hierba} = 48 \cdot 10^7 \text{ g de biomasa de hierba en todo mi prado}$ .

Se calcula el porcentaje de toda la hierba que se comen las vacas, el 35 % de toda la biomasa de hierba de mi prado, ya que el otro 65 % va a parar a los descomponedores. El 35% de  $48 \cdot 10^7 \text{ g} = 16,8 \cdot 10^7 \text{ g de biomasa de hierba se comen las vacas}$ .

Se calcula el porcentaje de la hierba que se han comido las vacas que realmente se convierte en biomasa de vaca, el 5% de la hierba que se han comido, ya que un 33 % se va en su respiración y un 62 % en su excreción. El 5 % de  $16,8 \cdot 10^7 \text{ g} = 84 \cdot 10^5 \text{ g de biomasa de vaca}$ . (8.400 kg de biomasa de vaca).

Por último, conociendo que la masa de cada vaca es de 600 kg se puede calcular el número de vacas que puede mantener dicho prado con dividiendo toda la biomasa de vaca por la masa de cada vaca, es decir,  $8.400 \text{ kg} / 600 \text{ kg} = 14 \text{ vacas}$ .

El resultado es que la producción de biomasa de hierba de mi prado de  $1 \text{ km}^2$ , durante un año, es capaz de mantener con vida a 14 vacas de 600 kg cada una. Por tanto, no sería capaz de mantener con vida a las 20 vacas propuestas en el ejercicio. Superarían la capacidad de carga del sistema y agotarían los recursos (la hierba) del prado provocando la muerte de todas ellas, mientras que 14 sería el número máximo de vacas que soportaría mi prado.

Si el tamaño del prado fuese el doble ( $2 \text{ km}^2$ ) o se investigase durante dos años, el resultado sería de 28 vacas.

#### **4.2. Aporto todos los datos obtenidos del experimento o de la investigación bibliográfica.**

El prado en cuestión es capaz de mantener o alimentar a 14 vacas durante un año, no a las 20 vacas que se cuestionaban en el ejercicio.

Durante la investigación de cualquiera de las reformulaciones también se deben haber repasado conceptos vistos anteriormente y explicados en la situación problemática anterior:

- **Individuo.**
- **Especie.**
- **Población.**
- **Organismos Autótrofos o de nutrición autótrofa.**
- **Organismos Heterótrofos o de nutrición heterótrofa.**
- **Suelo.**
- **Niveles tróficos (Productores, Consumidores y Descomponedores).**
- **Cadenas tróficas.**
- **Redes tróficas.**

También se habrán descubierto e investigado conceptos nuevos y resuelto muchos de los interrogantes que surgieron a lo largo de la investigación:

- **Ecosistema Prado:** es el conjunto de interrelaciones que se establecen entre el Biotopo (conjunto de factores ambientales del prado y todas sus interrelaciones) y la Biocenosis (conjunto de poblaciones de seres vivos que habitan en dicho prado y todas sus interrelaciones).
- **Biomasa:** es la masa total de materia orgánica de los seres vivos de un ecosistema o de un nivel trófico. Su unidad se expresa en masa / superficie ( $\text{g} / \text{m}^2$ ).
- **Producción:** es el aumento de la biomasa de un ecosistema o de un nivel trófico a lo largo del tiempo. Su unidad se expresa en masa / superficie · tiempo ( $\text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{año}$ ).
- **Pirámides ecológicas o tróficas:** son gráficas con forma más o menos de pirámide que representan los diferentes niveles tróficos del ecosistema mediante superficies o volúmenes proporcionales. Pueden representar el número de los individuos de cada nivel trófico o el conjunto de su biomasa.
- **Flujo de energía:** es el camino que sigue la energía desde que entra al ecosistema como radiación solar, empleada por los productores en la fotosíntesis para construir materia orgánica, que será aprovechada por los consumidores y después por los descomponedores. Pero, finalmente, la energía se termina disipando en forma de calor y no puede seguir utilizándose, por lo que se requiere de una nueva entrada de energía al sistema. La base de este proceso se encuentra en el primer principio de la Termodinámica o Principio de Conservación de la Energía, que no se crea ni se destruye, sino que se va transformando en formas de energía menos útiles.

- **Ciclos de nutrientes:** es el camino que siguen los nutrientes (elementos químicos útiles para los procesos biológicos) en los ecosistemas. Son cogidos del medio (suelo, agua, aire) por los productores para construir su materia orgánica, pasará a los consumidores y descomponedores para construir su materia orgánica, pero terminan por volver al medio tras la descomposición y mineralización de la materia orgánica de los cadáveres o restos orgánicos.
- **Capacidad de carga del sistema:** en el caso de los ecosistemas, consiste en los límites que poseen todos los procesos que en ellos se producen en función de la energía y la materia disponible para dichos procesos. Por ejemplo, si la capacidad de aprovechamiento de la energía solar por los productores (organismos fotosintéticos) es de entre un 1-2 % de toda la energía solar que entra a un ecosistema y los herbívoros se los comiesen a mayor ritmo que su producción, el resultado sería la extinción de los productores. Se estarían superando los límites del sistema. Por eso, un ecosistema no suele tener más herbívoros que productores, salvo en casos de plagas que acaban con los productores. Cuando se supera la capacidad de carga del sistema suele derivar en la extinción de alguna especie o en el agotamiento de recursos.

### **ANALIZO TODO EL PROCESO REALIZADO**

## **5. ANALIZO LOS DATOS OBTENIDOS PARA ESA HIPÓTESIS Y TRATO DE SOLUCIONAR LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

### **5.1. Comparo los datos obtenidos con la hipótesis elegida y explico si se cumple o no esa hipótesis.**

Por tanto, este prado no sería capaz de mantener con vida a las 20 vacas propuestas en el ejercicio. Superarían la capacidad de carga del sistema y agotarían los recursos (la hierba) provocando la muerte de todas ellas, mientras que 14 sería el número máximo de vacas que soportaría el prado.

Sí se cumple la primera hipótesis pues a mayor tamaño de prado se podrían mantener un mayor número de vacas.

También se cumple la segunda hipótesis, ya que un prado húmedo generaría más hierba y, por tanto, un mayor número de vacas.

Y, por tanto, la tercera hipótesis queda contrastada al comprobar que la cantidad de hierba, lógicamente, va a estar condicionada por el tamaño del prado, lo que a su vez determinará la cantidad de vacas que puede soportar para que no acaben con toda la hierba.

### **5.2. Indico si son lógicos o no los resultados obtenidos y explico mis conclusiones sobre la solución a esta situación problemática reformulada en el punto 1.2.**

Sí son lógicos los resultados, porque si el tamaño del prado es más grande se producirá mayor cantidad de biomasa de hierba que podrá servir para crear mayor cantidad de biomasa de vaca, lo que se traducirá en un mayor número de vacas. Lo mismo ocurrirá si el prado es húmedo frente a un prado seco, es decir, a mayor humedad más biomasa de hierba y más vacas. Pero si la cantidad de vacas es mayor a lo que soporta el prado, significa que el tamaño del prado no era lo suficientemente grande para mantenerlas.

Si la alimentación de el número de vacas introducido en un prado superara la rapidez con que se produce y regenera la hierba, se estaría superando la capacidad de carga del sistema, es decir, mayor consumo que producción, lo que llevaría al sistema prado a una situación de insostenibilidad. Finalmente, las vacas terminarían muriendo de inanición y, por tanto, dichas vacas no podrían mantenerse en dicho prado.

En el Anexo IV (p.393) se presenta un ejemplo de resolución de esta situación problemática realizada por un grupo de alumnos.

## **ANEXO IV**

**Ejemplo de resolución de cada  
situación problemática realizadas  
por los alumnos**



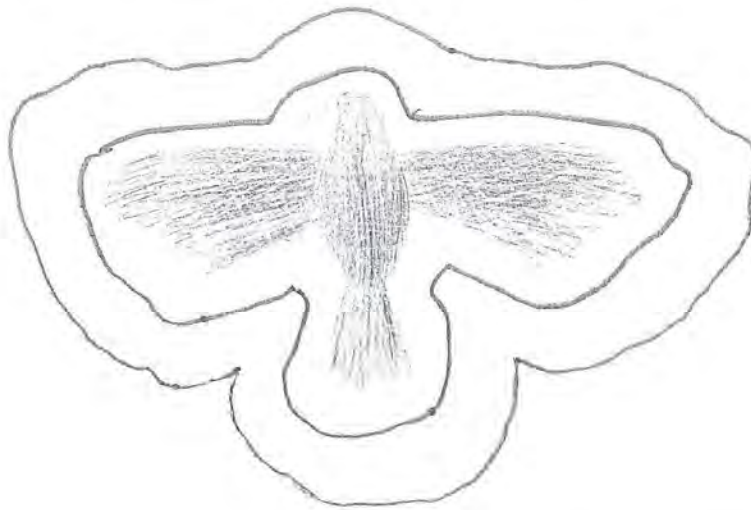
# **Ejemplo de resolución de un alumno de la Situación Problemática 0**

**Imagina que eres el responsable de un espacio natural y descubres que van muriendo muchos individuos de la misma población de Águila Imperial Ibérica.  
¿Cómo actuarías?**





# CIENCIAS Naturales



Imagina que eres el responsable de un espacio natural  
y descubres que van muriendo muchos individuos  
de una misma población de Águila Imperial Ibérica.  
¿Cómo actuarías?

## 1. Águila Imperial Ibérica

Me enfrento a una razón que desconozco por la que van muriendo muchos individuos de la población de Águilas Imperiales Ibéricas. El problema se refiere a cómo se podría hacer para evitar esas muertes en la especie. Para poderlo resolver tendría que tener en cuenta su:

- Nutrición.
- Reproducción.
- Características de la especie.
- Hábitat de la especie.

### Águila Imperial Ibérica

Características: Es un gran depredador. El plumaje juvenil es de un uniforme color rojizo con las típicas pequeñas plumas cobertoras del borde del ala blancas. Se oscurecen con sucesivas mudas, hasta alcanzar el diseño adulto, de color marrón oscuro.

Nutrición: Su dieta está compuesta por más de 90 especies de vertebrados, desde topillos hasta jabalís. En invierno también se le ha podido observar comiendo

carroña de ungulados. Los requerimientos alimentarios diarios del Águila Imperial Ibérica son unos 270 gramos por día para un adulto, el 6'6 % de su peso corporal.

Reproducción: No es inusual encontrar ejemplares subadultos reproduciéndose con éxito. Nidifica en encinas y alcornoques con un tamaño medio de puesta de 2 a 3 huevos por nido, con un rango de 1 a 4 huevos. La incubación, de unas 41 días de duración, y la crianza de los pollos, que permanecen unos 75 días en el nido, corre a cargo de ambos progenitores. Los pollos muestran un comportamiento agresivo, que es en caso de escasez de alimento puede desembocar en la muerte de los individuos más débiles.

Habitat: Viven en los ecosistemas de bosque y matorral mediterráneo. Su área de distribución original abarcaba todo el dominio mediterráneo ibérico y el noroeste de Marruecos. Actualmente sólo quedan unas 150 parejas en el mundo, repartidas en unos pocos núcleos aislados distribuidos por el centro y sur de España, de las cuáles en torno a las 30 parejas reproductoras

en Andalucía, repartidos entre Sierra Morena y Doñana.  
Es una de las tres rapaces más amenazadas del mundo y está catalogada como en Peligro de Extinción.

También debería tener en cuenta si hay algún factor no natural que amenace a este águila, como la caza, las deforestaciones, etc.

Una forma de decir el problema para entenderlo mejor sería:

"¿Qué se podría hacer para evitar las muertes en la especie del águila imperial ibérica?"

Las condiciones que voy a escoger son las siguientes:

- Características de la especie.
- Nutrición.
- Reproducción.
- Hábitat.
- Caza.
- Deforestación.

## 2. PRESENTE Y FUTURO DEL HÍBRIDO

Para este problema podría haber varias formas de resolverlo:

- Dando de comer a las águilas.
- Haciendo que se reproduzcan más (favoreciendo la anidación).
- Crear programas de repoblamiento forestal (encinas y alcornoques mayoritariamente).
- Alejando los focos de polución de estas aves, para mejorar la cría, nutrición y hábitat.
- Mantener a las águilas en un espacio reservado natural para evitar la caza.
- Favoreciendo la población de vertebrados de los que se alimentan.

Actualmente hay otra solución que se está llevando a cabo en España: La Estrategia de Conservación del Águila Imperial Ibérica. Fue aprobada el 9 de Julio de 2001 por la comisión nacional de protección de la Naturaleza. Sus objetivos son que su área de presencia sea superior a 20.000 Km<sup>2</sup> no fragmentados y población superior a 1.000 individuos maduros o cercana a los 500 territorios ocupados. Esto se va a llevar a cabo dando protección, reduciendo los factores de mortalidad no natural, manejo de la especie y

hábitat, ampliando el área de distribución, con crías en  
continuidad, seguimiento de la población, con estudios e  
investigaciones, enseñando sensibilización, comunicación, divulga-  
ción y educación ambiental y con desarrollo rural.

### 3. PIENSO EN EXPERIMENTOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA

Un experimento podría ser la estrategia de conservación del Águila Imperial Ibérica. Esta se está llevando en España. Los objetivos y cómo lo hacen para que se haga real se encuentra en la última hipótesis del punto 2.

### 4. REALIZO EL EXPERIMENTO PARA RESOLVER EL PROBLEMA

Los objetivos fijados se están haciendo poco a poco, pues de haber 150 parejas por el 2.000, más o menos, ha pasado a haber 200 y, aunque esta cifra no parezca haber subido mucho, se conseguirá llegar a las 500 parejas entre el 2.030, pues sigue habiendo muchas muertes no naturales. En cuanto al área de presencia se cree que hay entre 6.000 Km<sup>2</sup> y 8.000 Km<sup>2</sup>, mientras que antes estaba por los 4.000 Km<sup>2</sup> y 6.000 Km<sup>2</sup>.



## 5. ANALIZA LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL EXPERIMENTO

Yo creo que la opción o hipótesis más acertada  
es la que se está haciendo ahora:

LA ESTRATEGIA DE

Conservación

Del

Águila Imperial

Ibérica

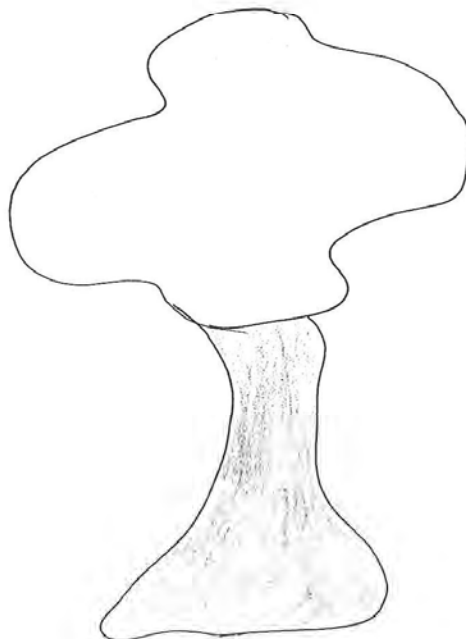
# **Ejemplo de resolución de un grupo de alumnos de la Situación Problemática 1**

**¿Podría vivir el Águila Imperial Ibérica en otro ecosistema?**



FRIGIL

¿Podría vivir el Águila  
Imperial Ibérica en  
otro ecosistema?



2º G.

# ÍNDICE

1.- Punto ① Analizo el problema	Pág 1 : 1
2.- Punto 1.1	Pág 1 : 2
3.- Punto 1.2	Pág 1 : 3
4.- Punto 1.3	Pág 1 : 4
5.- Punto ② Pienso y formulo mis hipótesis	Pág 1 : 5
6.- Punto 2.1.	Pág 1 : 6
7.- Punto 2.2	Pág 2 : 7
8.- Punto ③ Pienso y diseño algún experimento o plan que me permita...	Pág 2 : 8
9.- Punto 3.1	Pág 2 : 9
10.- Punto 3.2	Pág 2 : 10
11.- Punto 3.3	Pág 3 : 11
12.- Punto 3.4	Pág 3 : 12
13.- Punto 3.5	Pág 3 : 13
14.- Punto ④ Realizo el experimento o plan de trabajo para ...	Pág 3 : 14
15.- Punto 4.1.	Pág 3 : 15
16.- Punto 4.2.	Pág 3 : 16
17.- Punto ⑤ Analizo los resultados obtenidos en mi experimento ...	Pág 4 : 17
18.- Punto 5.1	Pág 4 : 18
19.- Punto 5.2	Pág 5 : 19
20.- Punto 5.3	Pág 5 : 20

## ①- ANÁLISIS EL PROBLEMA (análisis cualitativo del problema).

### ECOSISTEMA

- Se llama ecosistema al conjunto formado por los seres vivos y el medio ambiente que estos ocupan. Aunque sus límites son poco definidos ya que en ningún ecosistema es totalmente cerrado.

#### 1.1. REPRESENTAR LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA PARA COMPRENDERLA. ¿A qué me enfrento?

- Me enfrento a un cambio de ecosistema.

#### 1.2. REFORMULAR EL PROBLEMA PARA TRABAJARLO MEJOR.

- ¿Podría vivir el Águila Imperial Ibérica en el Ecosistema autóctono?

#### 1.3. RESTRINGIR LAS CONDICIONES DE ESTUDIO DEL PROBLEMA.

- Águila Imperial Ibérica y Ecosistema.

## ②- PIENSO Y FORMULO MIS HIPÓTESIS.

- Si podría vivir en otro ecosistema mediterráneo (con las mismas condiciones ambientales).

Por que en el ecosistema mediterráneo tiene unas condiciones específicas y en otro ecosistema no podría sobrevivir.

#### 2.1. ¿Qué solución creo que puede tener el problema?

- Que puede vivir en otro ecosistema pero solo con las mismas condiciones, es decir, temperatura de entre 20°C y 30°C, especies concretas para alimentarse y también una vegetación concreta para sobrevivir.

2.2. ¿Cuáles son los extremos o límite cuyo resultado conozco y me hacen entender mejor el problema?

• ECOSISTEMA

- Se llama ecosistema al conjunto formado por los seres vivos y el medio ambiente que estos ocupan. Aunque sus límites son poco definidos ya que en ningún ecosistema es totalmente cerrado.

• DISTRIBUCIÓN DEL ÁGUILA IMPERIAL IBÉRICA:

- Sedentaria en la península Ibérica, migratorio en el sudeste de Europa (España). Su temperatura ideal es entre 20°C y 30°C. Principalmente habitan en los montes de la Península, en zonas montañosas, en llanuras abiertas y poco transitadas.

• BÚSQUEDA DE ALIMENTACIÓN DE LA ESPECIE.

- Caza principalmente mamíferos y aves, ya sea desde una atalaya en vuelo o en picado.

3.- PIENSO Y DISEÑO ALGÚN EXPERIMENTO O PLAN QUE ME PERMITA RESOLVER EL PROBLEMA.

- Si llevamos un águila Imperial Ibérica al ecosistema africano ¿qué sucedería?

Que no podría vivir por que haría mucho calor y la vegetación no le serviría para vivir.

3.1.- ¿Qué factores y contenidos teóricos voy a utilizar para comprobar mis hipótesis?

• Toda la información encontrada.

3.2.- ¿Qué voy a medir? ¿con qué aparatos? ¿qué material necesito?

• Voy a medir la temperatura.

• Con un termómetro.

• Un termómetro.

3.3 ¿Se parece a otros experimentos o problemas que ya he visto antes?

• Sí. Pero de otro estilo.

3.4. Dado todos los pasos que voy a seguir al realizar mi experimento.

• Los pasos de la hipótesis y la conclusión entre los experimentos.

3.5 ¿Hay más formas de resolverlo?

• Sí.

#### ④- REALIZO EL EXPERIMENTO O PLAN DE TRABAJO PARA RESOLVER EL PROBLEMA.

• Si llevamos un Águila Imperial Ibérica al ecosistema antártico.  
¿Qué sucederá?

Que el águila podría morir por causa de una temperatura tan baja o de diferente clima o de no tener la alimentación correcta.

4.1. Desarrollo todos los pasos del experimento o plan que he diseñado.

• Primero llevo un individuo de la especie Águila Imperial Ibérica al ecosistema antártico y compruebo si puede sobrevivir en ese ecosistema.

4.2. Describo todo el proceso seguido (lo que voy haciendo): observaciones, medidas, datos, gráficas, tablas, errores, etc.

• En el ecosistema antártico no hay gran variedad de vegetación y tampoco hay ninguna variedad de animales.



5) ANALIZO LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN MI EXPERIMENTO O PLAN DE TRABAJO,

- El águila Imperial Ibérica no podría vivir en otro ecosistema diferente al ambiente mediterráneo.

5.1. Aperto todos los datos obtenidos.

- El biotopo mediterráneo

En las zonas de clima continental cercanas a la costa la temperatura cambia bastante. La proximidad del mar suaviza el invierno y hace que los veranos sean secos y calurosos. En estas zonas predomina el biotopo mediterráneo, que no se limita a las zonas próximas al mar que le presta el nombre, pues está presente también en California, Australia Occidental y Sudáfrica, en la zona del cabo de Buena Esperanza. El biotopo mediterráneo es menos homogéneo que los vistos hasta ahora, y en él se pueden distinguir varias zonas. La más cercana a la playa puede tener varios metros de ancho y se caracteriza por la presencia de dunas, con una vegetación escasa y formada por plantas resistentes al salitre transportado por el viento.

Y en el anterior está la garrija, formada por un matorral bajo y plantas aromáticas como el orégano, el lavul y el tomillo. Lejos del mar aparece la dehesa, a veces impenetrable para animales grandes. En la zona del Mar Mediterráneo esta sucesión ecológica culmina en los bosques de acebuches, árboles adaptados al clima árido gracias a sus hojas pequeñas y espinosas, que conservan la humedad.

S.2. Interpreto los resultados según mis hipótesis y los contenidos teóricos tenidos en cuenta. ¿Se cumplen mis hipótesis?

• Si se cumplen mis hipótesis.

S.3. ¿Son lógicos los resultados obtenidos?

• Si son lógicos.

### ECOSISTEMA MEDITERRANEO ("Chapinería")





# **Ejemplo de resolución de un grupo de alumnos de la Situación Problemática 2**

**¿Qué habría que tener en cuenta para diseñar un pequeño espacio en el que poder observar individuos vivos de diferentes especies?**



¿Qué habrías que  
tener en cuenta  
para diseñar un  
espacio

en que poder  
observar individuos  
vivos de diferentes



2º ESO ©  
NATURALES

# ÍNDICE

Punto 1.1

pas 1 y 2

Puntos 1.2, 1.3, 2.1

pas 2

Puntos 2.1, 2.2 y 3.3

pas 3

Punto 3.3

pas 4

Puntos 3.4, 3.5, 3.6, 3.7

pas 5

Puntos 3.7, 4.1, 4.2 y 5.1

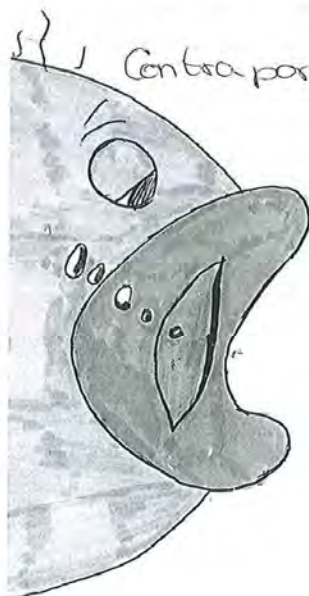
pas 6

Puntos 5.2, 5.3 y 5.4

pas 7

1 } Contraportada

pas 8



## 1. Analizo el problema (Análisis cualitativo o del problema)

### 1.1

- Me enfrento al diseño de 1 espacio pequeño donde haya individuos de diferentes especies vivos.
- En una pecera de 1 metro de largo y de 50 cm de ancho y vamos a meter en ella 10 peces de diferentes especies pero todos herbívoros, 150 hongos, una máquina y 200 algas.
- Que los peces son herbívoros, que al meter algas reproductoras para que puedan comer hongos por si se muere algún pez que se lo coma y si no se mueren, también son necesarios porque si no el agua se ensuciaría más, la máquina es para limpiar el agua sin que nosotros intervengamos. El acuario lo tenemos que dejar en una ventana que de todo el día el sol.
- Hay condiciones en que no se puede resolver, por



ejemplo si las algas no se reproducieran, si no hubiera una maquina que limpiara cada determinado tiempo, y que los hongos no se comiesen el resto de los peces.

1.2

• ¿Podrían vivir 10 peces herbívoros de diferentes especies en una pecera sin cuidar durante 2 meses?

1.3

• Los peces herbívoros, que hay una maquina para que limpie el agua, que las algas son reproductoras, que hay hongos por si se muere algun pez y van a estar 2 meses en el acuario sin cuidado humano y van a estar al lado del Sol para hacer la fotosíntesis.

2. Pienso y formulo mis hipótesis (Emisión de hipótesis).

2.1

• Que los peces van a sobrevivir porque tienen una

maquina para que limpie el agua, algas reproductoras  
hongos por si se muere algun pez los hongos se  
comen los restos.

## 2.2

- Si la maquina se estropea no se podria limpiar el  
agua y si las algas no se reproducen los peces se  
quedarian sin comida eso seria un caso extremo.

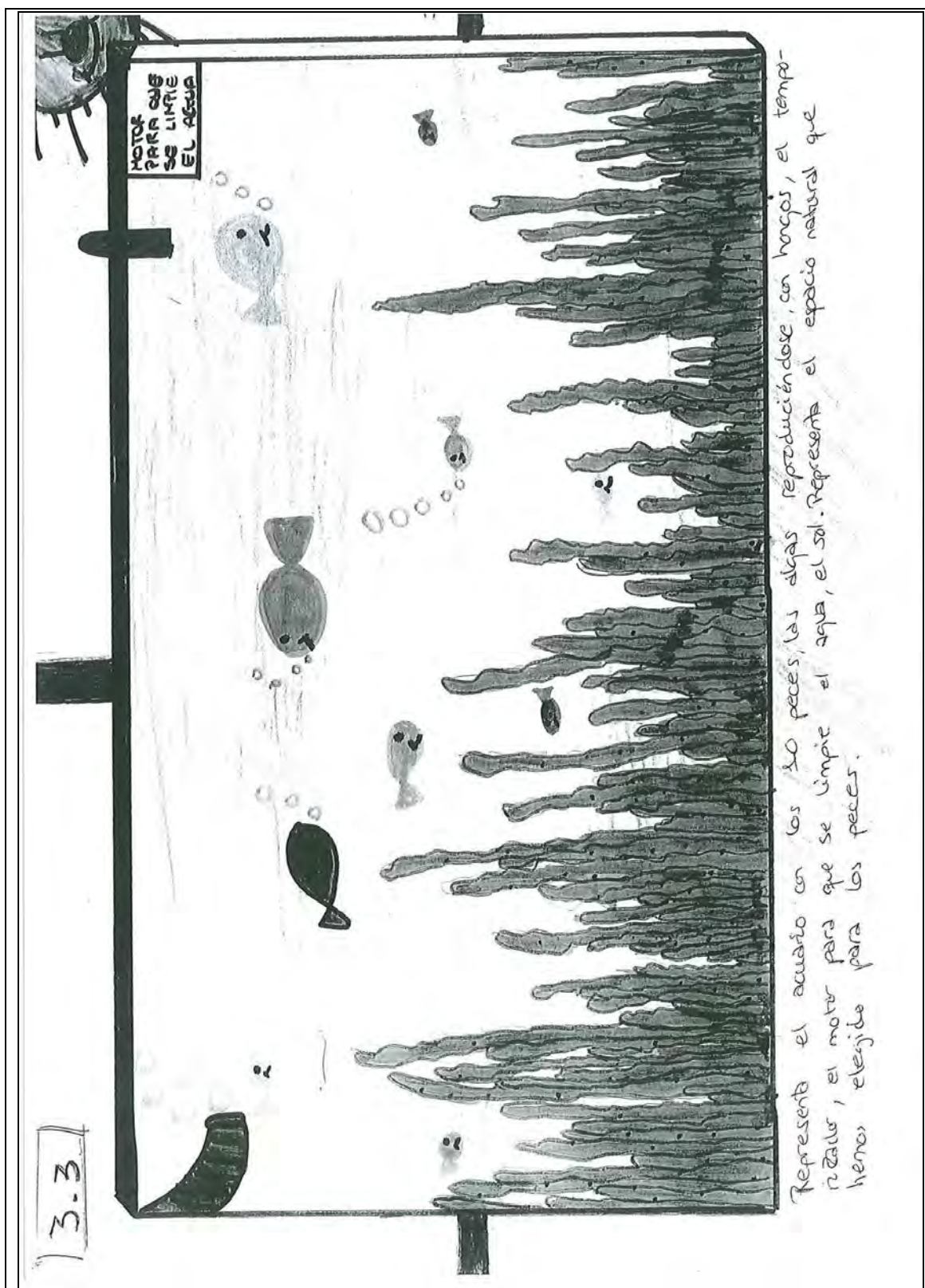
3. Pienso y diseño algún experimento o plan que me permita  
resolver el problema.

## 3.1

- Vamos a utilizar los siguientes factores:

Los peces son herbívoros comen algas y por eso las  
algas son reproductoras y que los hongos son importantes  
para que se comen los restos de algun pez que se  
pueda comer.

## 3.2



- El tiempo que van a estar los peces en el acuario sin cuidado humano, el tiempo que tardan las algas en reproducirse.

3.4

- No se parece a ningún otro problema o experimento.

3.5

- Cogemos el acuario lo metemos en una habitación cerrada sin luz solar y poner luz artificial a ver lo que pasa.

3.6

- Si puede, porque si metes en vez de algas otra comida y en vez de todos los peces herbívoros meter también carnívoros. ¿Qué pasaría?

3.7

- 1º. Cogemos un acuario ponemos una máquina para limpiar el agua cada cierto tiempo y un temporizador.

— 5 —

2º Metemos las algas y los hongos.

3º Ya que está adecuado meteremos los peces.

4. Realizo el experimento o plan de trabajo para resolver el problema.

4.1

• Los pasos son los siguientes cogemos el acuario y lo llevamos a una habitación oscura y le ponemos una luz artificial.

4.2

• Observaciones: que los peces son herbívoros y las algas son reproductoras.

5. Analizo los resultados obtenidos en mi experimento o plan de trabajo.

5.1

• Que los peces son herbívoros, que las algas se reproducen, que los hongos se comen los restos si se mueren algún

6-

pez, que hay una maquina para limpiar el agua, un temporizador.

5.2

- No hay ningun error con las hipotesis que nosotros tenemos.

5.3

- Si se cumplen mis hipotesis y que los datos son los que e ido dando durante todo el problema.

5.4

- Si, son logicos. Nuestra conclusion es que los peces sobreviviran en el espacio que nosotros hemos creado.



# Ejemplo de resolución de un grupo de alumnos de la Situación Problemática 3



Observa la secuencia de alimentación: ¿qué sucedería al resto de especies si una enfermedad afecta a los cucos haciéndolos desaparecer?





# TRABATO DE CIENCIAS

DE



Observa la secuencia de alimentación y explica: ¿Qué les sucederá al resto de especies si una enfermedad afecta a las cucas haciendoles desaparecer?

GRUPO 4

2º F.C.S. N° 13 y 16

## Índice

- ① Ponto número 1 ..... Pág 2-3
- ② Ponto número 2 ..... Pág 3
- ③ Ponto número 3 ..... Pág 4-6
- ④ Ponto número 4 ..... Pág 7
- ⑤ Ponto número 5 ..... Pág 8
- ⑥ Ponto número 6 (Bibliografia) ..... Pág 9
- ⑦ Hora de avaliação ..... Pág 10

### Punto 1.

1.1. Nos enfrentamos a un problema de una cadena trófica.

- El problema se refiere a una enfermedad que afecta a las cucas y puede dañar a la especie que se come a las cucas.
- Las factores que tenemos que tener en cuenta son:
  - Si la enfermedad afecta a toda la cadena o solo a una especie.
  - Si el animal que se come el caca solo come eso o come otras cosas.
  - Que si la especie que es comida por el caca llegue a ser una plaga.

1.2. Podríamos cambiar el enunciado del problema de esta forma:

Que la enfermedad a las especies de una cadena

tráfico si es un componente de esta cadena  
de supervivencia

1.3. Tienen verdadera importancia estos factores:  
las cadenas alimentarias.

Punto 2.

2.1. La solución que creemos que sería la más apropiada  
es que cuando el cuco muere las procesionarias  
tengan más multitud y que a lo largo de los  
años puedan llegar a acabar con los pinos pero  
se irán a otro árbol y que el halcón como  
come otras cosas pues que se alimente de  
otro animal y empiece a formar otra cadena  
tráfico o red con otros animales

## 2.2. Las relaciones de causa efecto son:

Pues que el halcón forma otra cadena con otros animales.

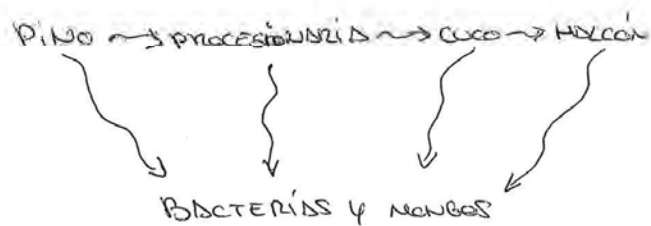
### Punto 3.

#### 3.1. Mis hipótesis son:

- Las cecas desaparecen, el número de procesionarias aumentaría y con el paso de los años desaparecerían las pías, porque aumentarían las procesionarias.

#### 3.2. Vamos a medir la cantidad de población de cada especie. Recogemos los datos en una libreta.

#### 3.3.



3.3.

Cuco: Morirían todos.

Huelco: Como mueren las cucas se alimentan de otra especie.

Procesionaria: Ya que las cucas han muerto y se comen a las procesionarias aumentaría la población.

Virus: Con el paso del tiempo desaparecerían porque como aumentara la población de procesionaria necesitarían más alimento.

Bacterias y hongos: Comerían más porque aumentarían el número de muertas, por lo tanto, aumentaría la población.

3.4. Creemos que sí se parece a otro problema ya visto sobre unos ratones y las lechuzas.

3.5. Los pasos que voy a ir haciendo son:

- Pensamos nuestro plan de trabajo
- Aportamos todos los datos
- Solucionamos el problema.
- Meteríamos en un espacio natural a estas especies con cuacos, pero los cuacos con una enfermedad que se acaben muriendo, creemos que los cuacos y las bacterias crecerían y que los pinos disminuirían su cantidad.

3.6. Creemos que no hay más formas de resolver el problema.

3.7. Partes:

- Leger a las especies de esta cadena trófica
- Meterlas en un ecosistema (el suyo)
- Observar a ver qué ocurre con cada especie.



3.5. Los pasos que voy a ir haciendo son:

- Pensamos nuestro plan de trabajo
- Aportamos todos los datos
- Solucionamos el problema.
- Meteríamos en un espacio natural a estas especies con cuacos, pero los cuacos con una enfermedad que se acaben muriendo, creemos que los cuacos y las bacterias crecerían y que los pinos disminuirían su cantidad.

3.6. Creemos que no hay más formas de resolver el problema.

3.7. Partes:

- Poner a las especies de esta cadena trófica
- Meterlas en un ecosistema (el suyo)
- Observar a ver qué ocurre con cada especie.

#### Punto 4.

##### 4.1. Datos:

Diendo mi plan: Observe si los halcones se van a otra cadena que si las prescripciones aumentarian o no...

Después los datos: comprobado que si, los halcones se van y que las orugas son una multitud.

Solución del problema: Las cucas mueren, los halcones se quedan como están, las prescripciones aumentarian, los pinos con el paso del tiempo desaparecen y las bacterias y los hongos aumentarian.

4.2. He apuntado los datos de todas las especies (al número de población de cada especie). Y he pensado lo que pasaría con cada especie.

## Punto 5

5.1. Nuestros datos creemos que son:

- Que las procesionarias y bacterias y hongos crecen en la multitud al morir la especie del cuco.
- Que el halcón comiera otras cosas y con otras especies formaría parte de otra cadena o red trófica.

5.2. Las regularidades que hemos encontrado podrían ser:

- Que la regularidad fuese entre las procesionarias y bacterias y hongos porque crecen en su multitud.

5.3. Aunque no podemos realizar el experimento creemos que si se cumplirían nuestras hipótesis.

5.4. Observamos y creemos que los resultados obtenidos si son lógicos.

### BIBLIOGRAFÍA

La información que hemos puesto en este trabajo la hemos obtenido de las hojas que nos prestó el profesor sobre información de plagas y eso, también hemos utilizado enciclopedias como: Larousse y la nueva enciclopedia del mundo.

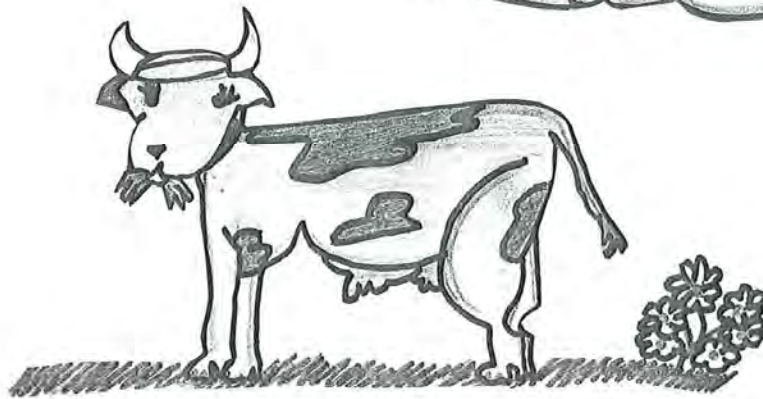



# **Ejemplo de resolución de un grupo de alumnos de la Situación Problemática 4**

**¿Cuántas vacas puede mantener un prado?**  
(Luffiego y Rabadán, 2000,482)



VACAS EN  
UN PRADO



¿CUÁNTAS VACAS PUEDE MANTENER UN PRADO? ▶

GRUPO N°5

2º G

CIENCIAS DE LA NATURALEZA



# ÍNDICE

	<u>PÁGINAS</u>
1. Analizo el problema .....	<u>2 a 5</u>
2. Pienso y formulo mis hipótesis .....	<u>6 a 7</u>
3. Pienso y diseño algún experimento que me permita resolver el problema ....	<u>8 a 11</u>
4. Realizo el experimento para resolver el problema .....	<u>12 a 14</u>
5. Analizo los resultados obtenidos en mi experimento .....	<u>15</u>
6. Bibliografía .....	<u>17</u>

## 1. ANALIZO EL PROBLEMA

Nos enfrentamos a un problema el cual se refiere a vacas que viven en un prado con una cantidad de hierba de la cual se han de alimentar durante una cantidad de tiempo determinado.

Los factores y contenidos básicos que hay que tener en cuenta son:

- Cuanto más grande es el prado más vacas cabrán.
- Cuanto más tiempo dejamos que tienen que usar las vacas en el prado más hierba hay que tener y, en consecuencia, el prado ha de ser más grande y tiene que haber menos vacas.
- Tenemos que saber cuánto pesa una vaca y la cantidad de hierba que aproximadamente, come en un día.
- Tenemos que saber la densidad del prado y el tiempo que van a estar viviendo las vacas en éste.
- Sabemos que las vacas se alimentan de hierba.

(2)

porque son herbívoras.

- Tenemos que saber que las vacas beben agua para vivir, por tanto, necesitan una serie de condiciones climáticas adecuadas para vivir. Pero que haber luz solar la cual permite a la hierba realizar una fotosíntesis y proporcionarle alimento a las vacas.
- las vacas tienen que estar sanas porque si no, mueren antes de tiempo.
- las vacas y los toros se reproducen, para evitarlo no introducemos toros en el prado para que la población de vacas no sea excesiva.

Una forma de entender mejor el problema es cambiando el enunciado de forma que quede así:

¿Cuántas vacas pueden vivir en un prado o alimentarse de él?

los factores y contenidos teóricos que tienen verdadera importancia son:

- tiempo en que las vacas vanán en el prado.

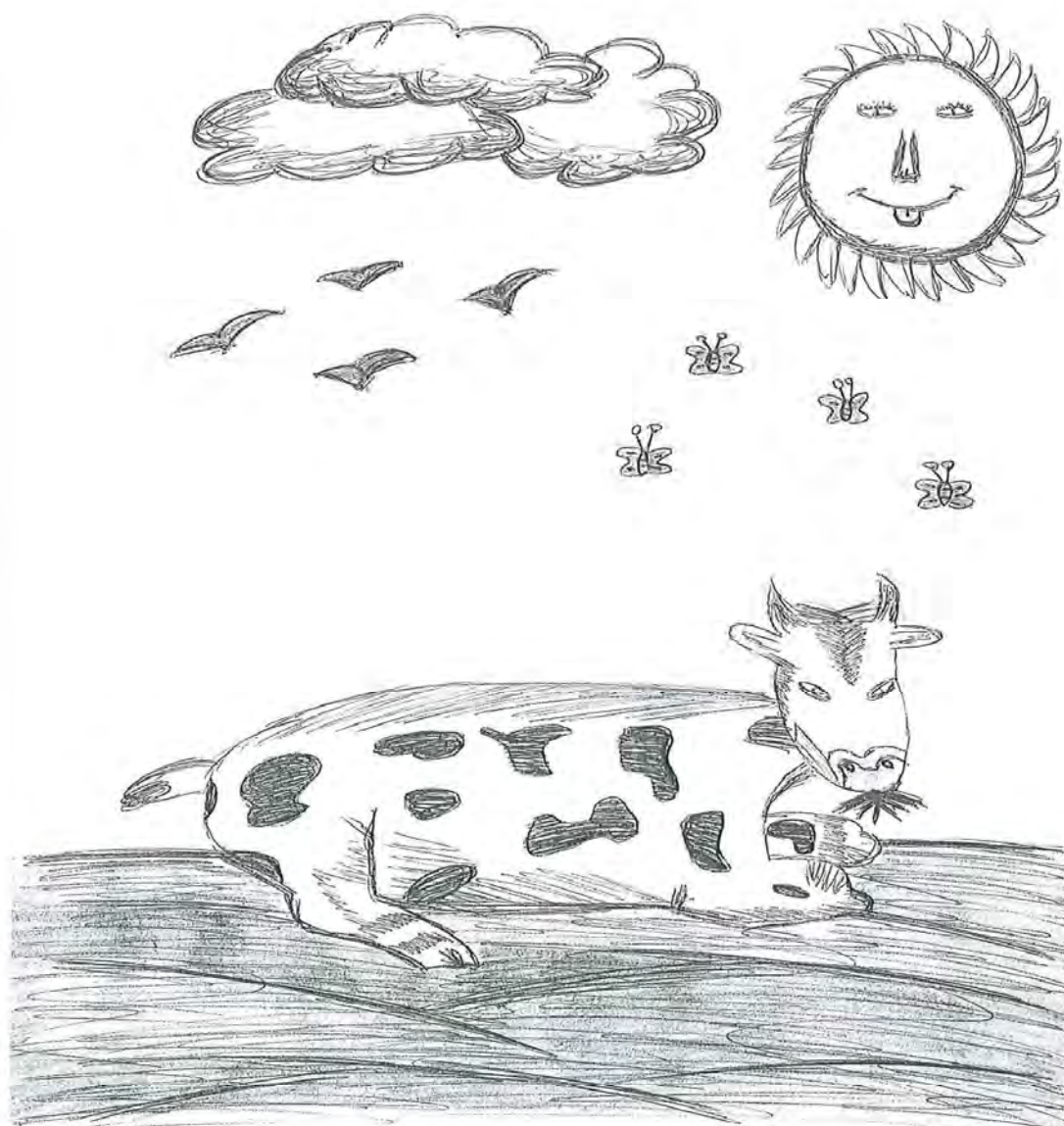
- Cantidad de hierba que come una vaca al día
- Peso de una vaca,
- Dimensión del prado

Estos cuatro puntos son los que nos van a poder solucionar este problema.

Para ello, veremos lo que pesa una vaca, lo que come al día, la dimensión del prado y el tiempo en que vivirán las vacas en el prado.

Después de conocer todo esto, operaremos con ello y, finalmente, resolveremos el problema.

(4)



UNA VACA COMIENDO EN EL PRADO

(5)

## 2. Pienso y Formulo Mis Hipótesis

Hemos estado pensando y, sin realizar ningún tipo de operación, creemos que la cantidad de vacas que pueden usar en el prado depende de factores como:

- Dimensión del prado.
- Tiempo.

Para empezar a resolver el problema empezaremos a concretar datos:

En nuestro problema van a entrar los siguientes factores:

- Un año de tiempo (tiempo que nos ha dicho el profesor).
- 600 kg. pesa una vaca (cantidad de peso que nos a dicho el profesor).
- 70 kg. pesa una vaca (información o dato encontrado en un libro que trata de vacas).
- Dimensión del prado de  $1 \text{ km}^2$  (elegida por nosotros mismos).

Sin realizar ninguna operación, pero con los datos que acabamos de aportar hemos hecho un cálculo de la cantidad de vacas que puede mantener un prado de  $1 \text{ km}^2$  en un año y sabiendo que cada vaca pesa  $600 \text{ kg}$ . (aproximadamente) y come  $20 \text{ kg}$  de hierba diariamente.

Esa cantidad de vacas nos da entre 10 y 20 vacas, por tanto, esa es la cantidad (más o menos) que nos dice aproximadamente el resultado del problema.

En los siguientes puntos veremos si nuestra hipótesis sobre la cantidad de vacas que nos da el resultado del problema (entre 10 y 20 vacas usando en el prado de  $1 \text{ km}^2$  en 1 año) es cierta.

(7)

### 3. PIENSO Y DISEÑO ALGO EXPERIMENTO QUE ME PERMITA RESOLVER EL PROBLEMA

los factores o contenidos teóricos que vamos a usar para operar y ver si es cierto el resultado de nuestras hipótesis son:

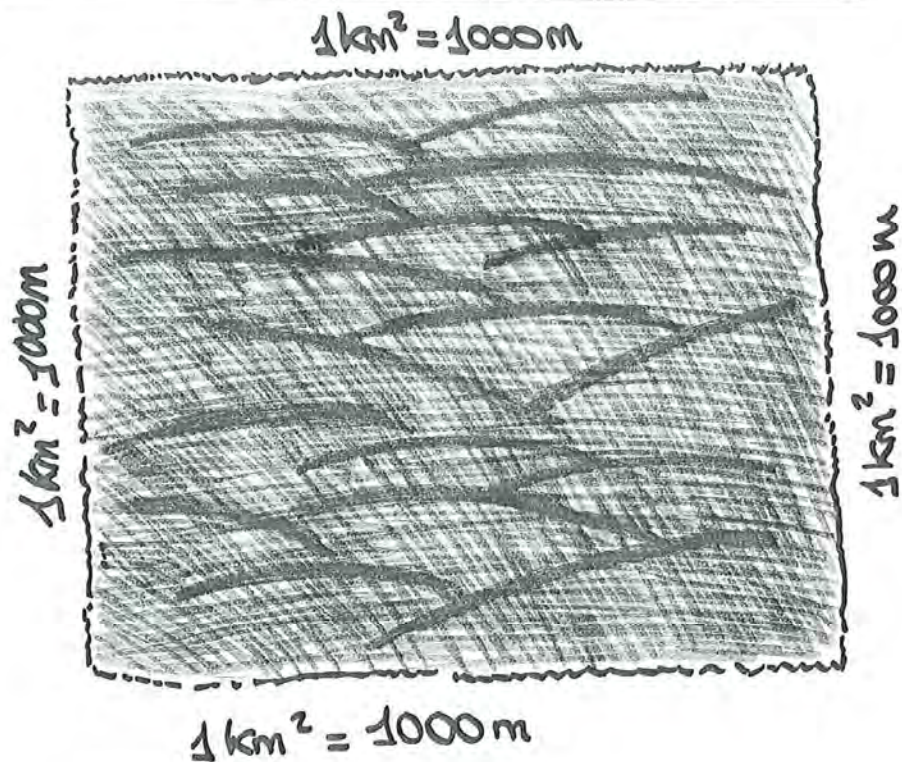
- Un año de tiempo.
- 70 kg. de hierba como una vaca al día.
- 600 kg. para una vaca.
- 1 km<sup>2</sup>. de distancia en nuestro prado.

Ahora toca diseñar el experimento al cual se organizará de la siguiente forma:

- 1º. Tomaremos un prado con hierba el cual tenga una medida de 1 km<sup>2</sup>.
- 2º. Como en nuestras hipótesis hemos dicho que el prado mantendrá de 10 a 20 vacas, pues en nuestro experimento nosotros vamos a meter 20 vacas para ver cuántas de ellas podrán vivir.
- 3º. Dejamos que las 20 vacas vivan en el prado tranquilamente, y al cabo de un año, veremos qué es lo que la pasado.

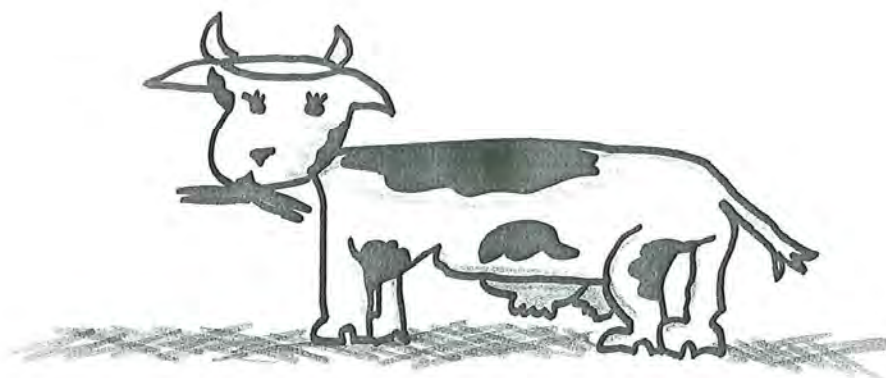


Puntos del experimento mediante ilustraciones



1º. PRADO CON HERBA DE  $1 \text{ km}^2$ .

(9)



2º. NETEREMOS 20 VACAS COMO ESTA.



3º. ESPERAMOS UN AÑO DE TIEMPO PARA  
QUE CRIEN LAS 20 VACAS EN EL PRADO  
DE 1 km<sup>2</sup>.

(10)

Nosotros, lógicamente, como no disponíamos ni de un prado de  $1 \text{ km}^2$ , ni de 20 vacas, ni de tanto de tiempo, en vez de realizar como habíamos planteado anteriormente el experimento, lo que haríamos será realizar el experimento pero por medio de una serie de operaciones, que es un modo más rápido y cómodo.

Esas operaciones son la forma de resolver el problema, por lo que las realizaremos en el punto 4, que es el siguiente.

#### 4. REALICEMOS EL EXPERIMENTO PARA RESOLVER EL PROBLEMA

Como ya hemos dicho, no vamos a realizar el experimento tal y como lo hemos planteado en el punto 3, si no que lo vamos a realizar de una forma más rápida y cómoda: mediante operaciones. Ya que lo que hemos planteado en el punto 3 no se puede realizar porque no disponemos de nada para hacerlo.

Por tanto, las cuentas u operaciones que nos dan el resultado del problema son las siguientes.

$$1 \text{ g. de C./m}^2 \cdot \text{año} = 2,4 \text{ g. de Biomasa al año}$$

⇒ 200 g. de carbono

⇒ 2,4 g. de biomasa al año

⇒  $1 \text{ km}^2 = 1.000.000 \text{ m. de prado}$

⇒ 1 año de tiempo

⇒ 600 kg. pesa cada vaca

$200 \cdot 2,4 = 480 \text{ g. de biomasa al año en } 1\text{m}^2$

$480 \cdot 1000000 \text{ m de prado} = 480000000 \text{ g. de biomasa que hay en el prado en todo el año}$

el 35% de la biomasa del prado lo forman los herbívoros (vacas en nuestro caso).

$35\% \text{ de } 480000000 = 168000000 \text{ g. de biomasa de vacas.}$

$62\% \text{ de excreción} + 33\% \text{ de respiración} = 95\% \text{ entre excreción y respiración de biomasa que hay que quitarle al } 100\% \text{ de biomasa de vacas.}$

$100\% \text{ de biomasa de vacas} - 95\% \text{ de biomasa entre excreción y respiración} = 5\% \text{ es la cantidad de vacas que puede mantener un prado.}$

$5\% \text{ de } 168000000 = 8400000 \text{ g. de vacas que mantiene el prado}$

$8400000 \text{ g.} = 8400 \text{ kg.}$

$8400 \text{ kg} \div 600 \text{ kg, que pesa una vaca} = 14 \text{ vacas mantiene el prado.}$

(13)

la explicación de las cuentas u operaciones que nos han permitido el resultado del problema es la siguiente:

1º. los 200 g. de carbono del prado se multiplican por los 2,4 g. de biomasa del prado al año, dándonos 480g. de biomasa del prado al año.

2º. Esos 480g. de biomasa del prado al año los multiplicamos por un millón de metros que tiene el prado.

3º. se halla el 35% de esa multiplicación que nos da 168000000g. de biomasa del prado al año dándonos 16800000g. de biomasa de vacas.

4º. los 52% de excreción de las vacas se suman al 33% de respiración, dándonos 85% entre excreción y respiración de biomasa que hay que restarle al 100% de biomasa de vacas.

5º. El 100% de biomasa de vacas - 85% de biomasa entre excreción y respiración =  
= 15% cantidad de vacas que mantiene nuestro prado

(14)

6°. El 5% de cantidad de vacas que puede mantener el prado de los 168000000g. de biomasa de vacas = 8400000g. de vacas en cantidad que mantenga el prado.

7°. Los 8400000g se pasan a kg., dándonos 8400 kg. de cantidad de vacas que mantiene el prado.

8°. Por último, los 8400 kg. de cantidad de vacas que mantiene el prado se dividen entre los 600 kg. que pesa cada vaca y nos da 14 vacas puede mantener el prado como resultado del problema.

## 5. ANÁLISIS LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO EXPERIMENTO

El dato clave del problema es que son **14** vacas las que puede mantener un prado de  $1 \text{ km}^2$  durante 1 año de tiempo.

En nuestras hipótesis habíamos dicho, sin realizar cuentas, que se mantendrían de 10 a 20 vacas y nos han salido 14.

Esto quiere decir que el resultado según nuestras hipótesis está perfectamente. Se cumplen totalmente nuestras hipótesis porque decíamos que nos saldría una cantidad de vacas la cual se encontrase entre 10 y 20, y ha salido así: una cantidad de 14 vacas que está entre 10 y 20.

Por lo tanto, el resultado obtenido de 14 vacas es totalmente lógico ya que nos concuerda con nuestras hipótesis.



### 6. BIBLIOGRAFÍA

Para poder resolver este problema hemos utilizado:

- Información de fotocopias que nos ha dado el profesor.
- Información de un libro de los miembros del grupo que trata de vacas.

## **ANEXO V**

### **Tablas de datos**



GRUPO EXPERIMENTAL (GEXP)																							
Grupo	Alumno	PRUEBA INICIAL (P.I.)						PRUEBA FINAL 1 (P.F.1) - EXAMEN						PRUEBA FINAL 2 (P.F.2)									
		1	2	3	4	5	6	1	2b	2d	3a	3b	4	6	3	5	6	8	9	10	11	12	14
1	1	4	1	2	2	1	2	2	2	2	0	0	1	2	1	2	2	3	2	2	2	1	2
	2	4	1	2	2	2	0	2	1	2	2	2	0	2	1	2	2	1	2	2	3	3	2
	3	4	2	2	4	3	0	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	2	3	2	2
2	4	3	3	2	4	3	0	2	0	0	2	2	2	1	3	2	2	1	2	0	2	3	2
	5	4	1	3	2	2	0	2	0	0	1	2	2	1	4	2	2	3	2	0	3	4	2
3	6	1	1	2	4	4	2	2	0	1	1	2	1	1	1	2	4	1	2	0	2	2	2
	7	1	1	2	3	2	0	2	0	0	2	2	0	0	1	2	2	3	2	0	2	2	2
4	8	4	1	2	4	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	2	1	2	0	2	2	0
	9	4	1	3	2	2	2	2	1	0	2	1	1	2	3	3	2	2	2	0	2	2	2
5	10	4	1	4	2	1	0	2	0	1	2	2	1	0	3	2	2	1	2	2	2	2	2
	11	4	1	3	4	1	0	2	2	1	2	2	2	2	3	2	2	1	3	0	2	2	2
6	12	4	1	2	2	2	2	0	0	0	2	2	0	0	3	2	2	1	1	0	2	3	0
	13	1	1	2	3	2	0	0	0	0	1	1	0	2	1	2	2	3	1	0	2	3	0
7	14	4	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	0	1	3	2
	15	4	1	2	4	2	0	0	2	2	2	1	0	0	1	2	2	2	3	0	2	3	0
	16	1	1	3	4	2	2	2	2	2	2	1	0	2	1	2	2	1	2	0	3	2	0
8	17	4	3	2	4	1	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	2	1	2	2	2	2	0
	18	1	1	2	2	1	2	0	0	0	2	2	2	0	3	2	2	1	2	2	2	3	2
	19	4	1	2	2	2	2	0	0	0	2	1	1	2	3	2	2	1	2	2	2	4	2
9	20	1	3	2	2	1	2	2	0	0	2	2	1	0	3	2	2	1	2	2	3	3	2
	21	4	3	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1	2	2	3	3	2
	22	1	1	2	2	2	0	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	3	2
	23	4	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	3	2	2
	24	4	3	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1	2	2	3	2	2
10	25	4	1	2	4	1	0	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	4	3	2
	26	4	3	3	2	2	0	2	0	0	2	2	2	2	3	2	2	3	2	0	1	1	0
	27	4	1	2	4	4	0	2	0	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	0
	28	4	1	2	2	1	0	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1	2	2	3	3	2

Resolución correcta

Resolución media

Resolución incorrecta

TABLA 24. Datos obtenidos por los alumnos del GEXP en P.I., P.F.1 y P.F.2.



GRUPO CONTROL (GCON)																						
Alumno	PRUEBA INICIAL (P.I.)						PRUEBA FINAL 1 (P.F.1) - EXAMEN								PRUEBA FINAL 2 (P.F.2)							
	1	2	3	4	5	6	1	2b	2d	3a	3b	4	6	3	5	6	8	9	10	11	12	14
1	4	3	3	4	3	2	2	0	0	2	2	1	0	3	2	2	1	2	0	1	2	2
2	4	2	2	4	1	0	1	0	2	2	1	1	0	4	2	4	4	2	0	2	4	2
3	4	3	2	4	3	0	2	2	2	0	1	0	2	1	2	1	4	3	0	2	2	0
4	4	1	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	1	3	0	2	3	0
5	1	1	2	3	2	0	2	2	0	2	2	2	2	3	2	2	1	2	0	1	3	2
6	2	1	2	2	3	0	2	2	0	2	2	2	2	3	2	2	2	2	0	2	3	2
7	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	2	0	2	4	2	2	1	3	0	2	2	2
8	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1	2	2	3	4	2
9	2	1	4	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	3	3	2	3	3	0
10	2	3	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1	3	0	2	2	2
11	2	1	2	2	1	0	2	0	2	2	0	2	2	1	2	2	2	2	0	1	4	2
12	4	3	3	2	2	0	2	2	2	2	0	2	0	1	2	2	3	2	0	3	3	2
13	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	4	2
14	2	1	3	2	2	2	2	0	0	0	0	1	2	1	2	2	1	2	0	4	2	2
15	4	3	2	2	3	2	2	2	2	0	0	1	0	1	2	2	2	3	0	2	2	2
16	4	3	2	2	1	0	2	0	2	1	1	1	2	3	2	2	2	4	0	2	2	2
17	3	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	4	2	0
18	2	1	2	2	2	2	2	2	0	1	1	1	2	3	2	2	4	2	0	1	4	2
19	4	2	3	2	2	2	2	2	0	2	0	0	0	1	4	1	2	1	0	2	3	0
20	4	1	2	4	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1	2	1	0	1	1	0
21	4	1	2	4	2	0	2	0	0	2	2	1	0	1	2	1	4	1	0	2	2	2
22	4	3	3	4	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	3	2	3	2	0	2	2	2
23	4	1	2	4	2	2	2	2	2	0	0	V	2	3	2	2	3	2	0	4	2	2
24	4	1	2	2	2	0	2	2	2	1	0	1	2	1	2	2	2	3	0	2	1	0
25	2	3	2	4	3	0	2	2	0	1	1	1	0	4	2	2	1	3	0	1	3	2
26	4	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	3	2	2	1	2	V	3	3	2
27	4	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	3	3	0
28	4	3	4	4	2	2	2	2	0	1	0	0	0	3	3	2	3	1	0	2	3	2
29	2	1	2	2	2	2	2	2	0	2	0	1	0	4	2	2	1	2	0	1	2	2
30	4	1	2	4	2	0	2	2	1	2	2	2	2	3	2	2	1	2	0	2	1	2
31	4	3	2	2	1	0	2	0	0	1	0	2	2	1	2	2	1	2	0	2	2	2
32	2	3	2	4	2	0	2	0	1	2	0	2	2	3	2	4	1	2	0	1	3	2
33	4	1	2	2	3	0	2	2	0	2	2	2	0	1	3	2	3	4	0	1	3	2
34	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	4	2	2	2	2	1	1	2
35	2	1	2	2	2	2	2	2	0	2	1	2	2	3	2	2	1	2	0	2	3	2
36	4	3	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	2	2	1	0	2	3	0
37	3	3	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	2	3	2	0	2	1	2
38	4	1	2	2	2	0	2	2	2	1	0	0	2	1	2	4	2	3	0	2	1	0
39	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1	2	0	2	3	2
40	4	2	2	2	1	2	2	2	2	1	0	0	2	1	2	2	3	2	0	2	1	0
41	4	1	2	2	2	2	2	2	0	2	0	1	2	1	3	2	2	2	0	3	3	2
42	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	0	2	2	3	2	2	2	1	0	3	3	2
43	4	1	2	2	1	2	2	0	0	1	1	2	0	1	2	2	3	2	0	2	1	2
44	4	1	2	2	1	0	2	2	0	2	2	2	0	1	2	2	1	2	2	1	2	2
45	4	3	2	4	3	0	2	0	1	0	0	0	2	3	2	1	2	2	0	2	4	2
46	4	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	3	2	2	1	3	2	3	2	2
47	2	2	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	4	3	2	0	2	1	2
48	2	1	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	3	2	0	1	2	0
49	1	1	2	2	3	0	2	0	0	0	0	0	1	2	3	2	4	3	0	2	3	2
50	4	2	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	2	1	0	2	2	0
51	3	3	3	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	1	0	2	2	2
52	4	1	2	2	2	0	2	2	0	0	0	1	0	1	2	4	1	2	0	2	2	2
53	4	1	3	4	1	0	2	0	0	0	1	1	0	1	3	2	2	4	0	2	2	2
54	2	4	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	1	2	2	2	3	0	2	4	0
55	4	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	4	2	2	2	0	1	2	2
56	4	1	3	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	4	2	2
57	4	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1	2	0	2	1	2
58	4	1	2	2	2	0	2	0	0	2	2	2	0	1	2	2	3	2	0	3	3	2

Resolución correcta

Resolución media

Resolución incorrecta

TABLA 25. Datos obtenidos por los alumnos del GCON en P.I., P.F.1 y P.F.2.



GRUPO EXPERIMENTAL (GEXP)													
Grupo	Alumno	CUESTIONARIO SOBRE LA MRPI											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	4	2	3	2	3	2	3	1	3	4	5	4
	2	4	3	4	3	3	4	4	1	4	4	5	4
	3	4	3	3	2	4	3	3	1	3	4	5	4
2	4	5	4	5	4	4	5	5	3	5	5	4	5
	5	5	4	5	4	5	4	5	4	5	5	4	3
3	6	5	4	4	4	4	5	5	1	4	5	5	4
	7	3	2	4	3	4	4	2	1	5	5	3	5
4	8	4	3	1	3	4	5	4	4	5	4	4	4
	9	4	4	5	4	5	5	5	1	4	4	4	5
5	10	4	4	2	5	1	5	3	1	1	5	5	4
	11	4	3	3	4	1	1	4	5	4	3	4	3
6	12	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	3	4
	13	5	2	2	1	1	2	2	1	1	1	5	1
7	14	4	4	2	3	4	4	5	3	4	4	4	4
	15	4	4	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4
	16	4	4	3	5	3	5	5	3	4	4	5	4
8	17	3	5	5	5	4	2	5	1	3	5	5	5
	18	4	5	4	3	5	3	4	2	5	4	5	4
	19	4	4	5	4	3	5	5	4	4	4	4	4
9	20	4	4	4	4	3	3	4	2	4	3	4	4
	21	4	4	4	4	4	5	4	3	3	4	4	4
	22	4	4	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4
	23	4	4	4	3	5	4	4	3	4	4	5	4
	24	4	5	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4
10	25	5	5	5	5	5	5	5	3	4	5	5	5
	26	4	4	4	2	3	4	5	3	2	4	4	3
	27	4	4	5	4	4	3	4	3	5	5	5	4
	28	4	4	4	2	4	4	5	1	5	5	5	5

1: INSATISFECHOS	3: NEUTRO	5: SATISFECHOS
------------------	-----------	----------------

**TABLA 26.** Valoraciones de los alumnos en el cuestionario MRPI sobre las actitudes hacia el aprendizaje de esta metodología y de las ciencias en general.

GRUPO EXPERIMENTAL (GEXP)																					
Grupo	Alumno	Problema 1: ¿ÁGUILA EN OTRO ECOSISTEMA?					Problema 2: CREAR PEQUEÑO ESPACIO					Problema 3: CADENA TRÓFICA					Problema 4: ¿CUÁNTAS VACAS EN UN PRADO?				
		DC 1	DC 2	DC 3	DC 4	DC 5	DC 1	DC 2	DC 3	DC 4	DC 5	DC 1	DC 2	DC 3	DC 4	DC 5	DC 1	DC 2	DC 3	DC 4	DC 5
1	1	4	4	2	3	2	3	4	4	2	2	4	4	4	4	4	4	2	1	2	2
	2	4	4	2	3	2	3	4	4	2	2	4	4	4	4	4	4	2	1	2	2
	3	4	4	2	3	2	3	4	4	2	2	4	4	4	4	4	4	2	1	2	2
2	4	4	4	2	2	2	3	3	4	2	2	4	4	3	3	2	4	2	3	0	2
	5	4	4	2	2	2	3	3	4	2	2	4	4	3	3	2	4	2	3	0	2
3	6	4	4	2	2	2	3	3	2	2	0	4	3	3	1	3	4	3	2	3	2
	7	4	4	2	2	2	3	3	2	2	0	4	3	3	1	3	4	3	2	3	2
4	8	4	4	3	4	1	4	3	4	2	2	4	4	3	1	2	3	1	3	3	4
	9	4	4	3	4	1	4	3	4	2	2	4	4	3	1	2	3	1	3	3	4
5	10	4	4	4	1	1	4	4	4	2	2	4	4	4	3	3	4	2	4	4	3
	11	4	4	4	1	1	4	4	4	2	2	4	4	4	3	3	4	2	4	4	3
6	12	3	0	0	0	0	4	3	2	0	0	4	3	1	2	1	2	2	2	2	1
	13	3	0	0	0	0	4	3	2	0	0	4	3	1	2	1	2	2	2	2	1
7	14	4	4	4	4	4	2	2	2	3	0	2	4	2	2	2	4	3	3	4	4
	15	4	4	4	4	4	2	2	2	3	0	2	4	2	2	2	4	3	3	4	4
	16	4	4	4	4	4	2	2	2	3	0	2	4	2	2	2	4	3	3	4	4
8	17	4	4	2	2	0	4	0	4	0	0	2	4	0	3	2	4	4	4	4	4
	18	4	4	2	2	0	4	0	4	0	0	2	4	0	3	2	4	4	4	4	4
	19	4	4	2	2	0	4	0	4	0	0	2	4	0	3	2	4	4	4	4	4
9	20	4	4	4	4	4	4	3	2	3	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	21	4	4	4	4	4	4	3	2	3	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	22	4	4	4	4	4	4	3	2	3	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	23	4	4	4	4	4	4	3	2	3	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10	24	4	4	4	4	4	4	3	2	3	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	25	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4
	26	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4
	27	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4
10	28	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4

Nivel 0  
Nula Resolución

Nivel 1  
Incoherente/Irrelevante

Nivel 2  
Escasa, con carencias

Nivel 3  
Satisfactoria, incompleta

Nivel 4  
Satisfactoria, completa

**TABLA 27.** Valores obtenidos por los grupos cooperativos en las diferentes DC y situaciones problemáticas de la UD de ecología.



SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 1															
NIVEL	DC1			DC2			DC3			DC4			DC5		
0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2
2	0	0	0	0	0	0	4	8	16	3	6	12	3	6	12
3	1	3	9	0	0	0	1	3	9	1	3	9	1	3	9
4	9	36	144	9	36	144	4	16	64	4	16	64	2	8	32
	1,00	3,90	0,30	0,80	3,60	1,20	0,40	2,70	1,27	0,30	2,60	1,36	-0,10	1,90	1,37
	IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica	

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 2															
NIVEL	DC1			DC2			DC3			DC4			DC5		
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	5	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	2	4	1	2	4	4	8	16	5	10	20	4	8	16
3	3	9	27	5	15	45	0	0	0	2	6	18	0	0	0
4	6	24	96	3	12	48	6	24	96	1	4	16	1	4	16
	0,90	3,50	0,67	0,70	2,90	1,14	0,60	3,20	0,98	0,10	2,00	1,18	-0,40	1,20	1,33
	IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica	

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 3															
NIVEL	DC1			DC2			DC3			DC4			DC5		
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1
2	2	4	8	0	0	0	1	2	4	2	4	8	4	8	16
3	0	0	0	2	6	18	4	12	36	4	12	36	3	9	27
4	8	32	128	8	32	128	3	12	48	2	8	32	2	8	32
	0,80	3,60	0,80	1,00	3,80	0,40	0,50	2,70	1,27	0,40	2,60	1,02	0,40	2,60	0,92
	IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica	

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 4															
NIVEL	DC1			DC2			DC3			DC4			DC5		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
2	1	2	4	4	8	16	2	4	8	2	4	8	3	6	12
3	1	3	9	2	6	18	3	9	27	2	6	18	1	3	9
4	8	32	128	3	12	48	4	16	64	5	20	80	5	20	80
	0,90	3,70	0,64	0,40	2,70	1,00	0,60	3,00	1,00	0,60	3,00	1,26	0,50	3,00	1,10
	IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica		IL1	IL2: media y desv. típica	

**TABLA 28.** Resultados de los índices de logro (IL1 – IL2 y su desviación típica) según el número de grupos cooperativos que obtiene cada nivel de resolución de las diferentes DC en las situaciones problemáticas de la UD de ecología.





## **ANEXO VI**

**Propuesta de documentos  
definitivos para su empleo en el  
aula y para futuras investigaciones**



### **¿QUÉ DEBO HACER PARA RESOLVER UN PROBLEMA?**

Debo realizar una investigación que seguirá los siguientes pasos:

#### **TRATO DE ENTENDER EL PROBLEMA O LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

##### **1. ANALIZO EL PROBLEMA CON LO QUE SÉ (ANTES DE BUSCAR CUALQUIER INFORMACIÓN)**

###### **1.1. REPRESENTAR LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA PARA COMPRENDERLA**

Explico a qué se refiere el problema. Además, indico y explico los conceptos científicos que tengo que tener en cuenta para solucionarlo, es decir, lo que ya sé y lo que debería saber tras la investigación con experimentos o búsqueda de información bibliográfica.

###### **1.2. REFORMULAR EL PROBLEMA PARA TRABAJARLO MEJOR**

Ya que el problema inicial es muy amplio, decido lo que quiero investigar.

Cambio el enunciado del problema para definir exactamente lo que voy a investigar.

###### **1.3. RESTRINGIR LAS CONDICIONES DE ESTUDIO DEL PROBLEMA QUE HE DECIDIDO INVESTIGAR**

Indico los conceptos científicos que tengan verdadera importancia para el problema que he decidido investigar, así evito estudiar otras cosas que no influyan. Además, indico los casos extremos que debo considerar desde el punto de vista teórico para que tenga sentido el problema.

##### **2. PIENSO Y FORMULO MIS HIPÓTESIS (ANTES DE BUSCAR CUALQUIER INFORMACIÓN)**

Indico las posibles explicaciones que puedan resolver el problema que he decidido investigar, las cuales se comprobarán si son válidas. Es decir, ¿cuál es la causa o qué puede ocurrir y por qué?

#### **RESUELVO EL PROBLEMA**

##### **3. PIENSO Y DISEÑO UN EXPERIMENTO O ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO QUE ME PERMITIRÁ COMPROBAR UNA DE MIS HIPÓTESIS, PARA ASÍ IR RESOLVIENDO EL PROBLEMA QUE TENGO (CADA HIPÓTESIS TENDRÁ SU PROPIO EXPERIMENTO O ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO)**

3.1. Elijo e indico la hipótesis que voy a investigar.

3.2. Explico mi experimento o plan de investigación bibliográfica y todos los pasos que voy a seguir, qué voy a medir o la información que voy a buscar, con qué aparatos o en qué fuentes de información, qué material necesito, cómo voy a recoger y presentar los datos, represento con dibujos o esquemas mi plan de investigación (si lo creo conveniente), etc.

3.3. Explico si hay más formas de resolverlo y si se parece a otros problemas que he visto antes.

##### **4. REALIZO EL EXPERIMENTO O LA INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA PARA LA HIPÓTESIS ELEGIDA**

4.1. Desarrollo todos los pasos del experimento o de la investigación bibliográfica que he diseñado y describo todo el proceso: observaciones, medidas, datos o información de interés, gráficas, tablas, errores, cosas que me van sucediendo durante la investigación, etc.

4.2. Aporto todos los datos obtenidos del experimento o de la investigación bibliográfica.

#### **ANALIZO TODO EL PROCESO REALIZADO**

##### **5. ANALIZO LOS DATOS OBTENIDOS PARA ESA HIPÓTESIS Y TRATO DE SOLUCIONAR EL PROBLEMA**

5.1. Comparo los datos obtenidos con la hipótesis elegida y explico si se cumple o no esa hipótesis.

5.2. Indico si son lógicos o no los resultados obtenidos y explico mis conclusiones sobre la solución al problema reformulado en el punto 1.2.

**ILUSTRACIÓN 40.** Nueva propuesta de plantilla para la resolución de situaciones problemáticas.

Nombre completo: .....Curso: .....¿Repetidor?.....

1. ¿Con cuál de estas frases estás más de acuerdo?

- ☐ Respirar es para los animales lo que la fotosíntesis para los vegetales.
- ☐ La respiración es un proceso para obtener energía.
- ☐ Las Mitocondrias son para los animales lo que los Cloroplastos para los vegetales.
- ☐ Respirar es tomar y expulsar aire, es decir, intercambiar gases con el ambiente.

2. ¿Cuál de estas frases te convence más respecto al "Suelo"?

- ☐ Se fertiliza con sustancias originadas por la descomposición y putrefacción de excrementos y organismos muertos debido al paso del tiempo y a los fenómenos meteorológicos.
- ☐ Pierde fertilidad con el tiempo y sólo la recuperará si es abonado por los humanos.
- ☐ Se fertiliza con sustancias originadas por los microorganismos al descomponer excrementos y organismos muertos.
- ☐ Posee sales minerales cuya cantidad no es fácil que varíe por la influencia de los seres vivos.

3. ¿Qué es para ti el medio ambiente?

- ☐ La suma del conjunto de seres vivos y de elementos no vivos en equilibrio natural perfecto y estable.
- ☐ El conjunto de seres vivos y no vivos, relacionados de una forma que parece organizada, de los cuales dependemos.
- ☐ El lugar en el que el conjunto de seres vivos y elementos no vivos se relacionan sin organización aparente.
- ☐ El conjunto de recursos vivos y no vivos que tienen utilidad para el ser humano.

4. La Ecología es:

- ☐ Un componente del medio que permite funcionar al medio ambiente.
- ☐ Una ciencia que se ocupa del estudio del medio ambiente.
- ☐ Un conjunto de seres vivos y elementos no vivos.
- ☐ Un movimiento social (grupo de personas) que lucha por el cuidado del medio ambiente.

5. El Ecosistema es:

- ☐ El lugar donde habitan los seres vivos.
- ☐ El conjunto de seres vivos y elementos no vivos que hay en un lugar.
- ☐ El conjunto de seres vivos que hay en un lugar.
- ☐ El conjunto de elementos no vivos que hay en un lugar.

6. PINOS → PROCESIONARIAS → CUCOS → HALCONES  
(árbol) (oruga) (ave insectívora) (ave rapaz)

¿Cómo se le llama a este tipo de secuencias?.....

¿Qué sucedería a los pinos, procesionarias y halcones si una enfermedad afecta a los cucos haciéndolos desaparecer?

Aumentaría el número de: ☐ Pinos ☐ Procesionarias ☐ Halcones

Disminuiría el número de: ☐ Pinos ☐ Procesionarias ☐ Halcones

- ☐ Los halcones se alimentarían de procesionarias y no ocurriría nada más.
- ☐ Desaparecerían los halcones.
- ☐ Al final terminarían por desaparecer todos.

**ILUSTRACIÓN 41.** Nueva propuesta de prueba inicial (P.I.).

Nombre completo: ..... Curso: ..... ¿Repetidor? .....

Marca sólo una de las opciones, excepto en la pregunta 13.

Por favor, contesta seriamente a este cuestionario.

**1. ¿Con cuál de estas frases estás más de acuerdo?**

- ☐ Respirar es para los animales lo que la fotosíntesis para los vegetales.
- ☐ La respiración es un proceso para obtener energía.
- ☐ Las Mitocondrias son para los animales lo que los Cloroplastos para los vegetales.
- ☐ Respirar es tomar y expulsar aire, es decir, intercambiar gases con el ambiente.

**2. ¿Con cuál de las siguientes afirmaciones estás más de acuerdo?**

- ☐ Una "Población" es un conjunto de individuos de la misma "Especie" que habitan lugares diferentes.
- ☐ Una "Población" es un conjunto de individuos de diferentes "Especies" que habitan en un lugar determinado.
- ☐ Una "Especie" es un conjunto de individuos de la misma o diferentes "Poblaciones", que se reproducen entre sí, tienen descendencia fértil y pueden habitar lugares diferentes.

**3. ¿Cuál de estas afirmaciones te convence más respecto al concepto "Suelo"?**

- ☐ Se fertiliza con sustancias originadas por la descomposición y putrefacción de excrementos y organismos muertos debido al paso del tiempo y a los fenómenos meteorológicos.
- ☐ Pierde fertilidad con el tiempo y sólo la recuperará si es abonado por los humanos.
- ☐ Se fertiliza con sustancias originadas por los microorganismos al descomponer excrementos y organismos muertos.
- ☐ Posee sales minerales cuya cantidad no es fácil que varíe por la influencia de los seres vivos.

**4. ¿Qué es para ti el medio ambiente?**

- ☐ La suma del conjunto de seres vivos y de elementos no vivos en equilibrio natural perfecto y estable.
- ☐ El conjunto de seres vivos y no vivos, relacionados de una forma que parece organizada, de los cuales dependemos.
- ☐ El lugar en el que el conjunto de seres vivos y elementos no vivos se relacionan sin organización aparente.
- ☐ El conjunto de recursos vivos y no vivos que tienen utilidad para el ser humano.

**5. La Ecología es:**

- ☐ Un componente del medio que permite funcionar al medio ambiente.
- ☐ Una ciencia que se ocupa del estudio del medio ambiente.
- ☐ Un conjunto de seres vivos y elementos no vivos.
- ☐ Un movimiento social (grupo de personas) que lucha por el cuidado del medio ambiente.

**6. Ordena de menor a mayor complejidad los siguientes conceptos:**

**Bioma, Ecosfera, Ecosistema, Biosfera, Población, Individuo, Biocenosis**

**7. Entre los diversos Factores Abióticos podemos citar estos cuatro:**

- ☐ Composición del suelo, luz, humedad y presión.
- ☐ Temperatura, luz, búsqueda de alimento y salinidad del agua.
- ☐ Temperatura, humedad, abundancia de oxígeno y cooperación entre animales.
- ☐ Parasitismo entre especies, luz, humedad y composición del suelo.

**8. El Ecosistema es:**

- ☐ El lugar donde habitan los seres vivos.
- ☐ El conjunto de seres vivos y elementos no vivos de un lugar, así como sus múltiples interrelaciones.
- ☐ El conjunto de seres vivos de un lugar y sus interrelaciones (asociaciones, competencia, depredación, parasitismo, etc.).
- ☐ El conjunto de elementos no vivos de un lugar y sus interrelaciones (erosión, clima, factores físico-químicos, etc.).

¿Te acuerdas de otra definición?.....

**ILUSTRACIÓN 42 (1/2). Nueva propuesta de prueba final 2 (P.F.2).**

9. ¿Qué son los Niveles Tróficos?.....

.....

.....

.....

10. Cualquier ecosistema se caracteriza por tener:

- ☐ Un flujo unidireccional de materia y energía.
- ☐ Un ciclo constante de materia y energía.
- ☐ Un flujo unidireccional de energía y un ciclo de materia.
- ☐ Un flujo unidireccional de materia y un ciclo de energía.

11. ¿Se puede extraer energía de la Biomasa?

☐ Sí    ☐ No

12. ¿Qué es la "Biomasa"?

- ☐ Es toda la materia inorgánica de un ecosistema o nivel trófico.
- ☐ Es toda la materia orgánica e inorgánica de un ecosistema o nivel trófico.
- ☐ Es toda la materia orgánica no viva (excrementos, cadáveres, etc.) de un ecosistema o nivel trófico.
- ☐ Es toda la materia orgánica (viva o no) perteneciente a los seres vivos de un ecosistema o nivel trófico.

13. En esta pregunta marca todas las casillas que creas conveniente:

**PINO**                      **PROCESIONARIA**                      **CUCO**                      **HALCÓN**

(árbol)                      (oruga)                      (ave insectívora)                      (ave rapaz)

¿Cómo se le llama a este tipo de secuencias? .....

¿Qué les sucedería a los pinos, procesionarias y halcones si una enfermedad afecta a los cucos haciéndolos desaparecer?

Aumentaría el número de:                      ☐ Pinos                      ☐ Procesionarias                      ☐ Halcones

Disminuiría el número de:                      ☐ Pinos                      ☐ Procesionarias                      ☐ Halcones

- ☐ Los halcones se alimentarían de procesionarias y no ocurriría nada más.
- ☐ Desaparecerían los halcones.
- ☐ Al final terminarían por desaparecer todos.

Marca todos los organismos "Productores":

☐ Ninguno                      ☐ Pino                      ☐ Procesionaria                      ☐ Cuco                      ☐ Halcón

Marca todos los organismos "Consumidores":

☐ Ninguno                      ☐ Pino                      ☐ Procesionaria                      ☐ Cuco                      ☐ Halcón

Marca todos los organismos "Descomponedores":

☐ Ninguno                      ☐ Pino                      ☐ Procesionaria                      ☐ Cuco                      ☐ Halcón

14. TRATA DE RESOLVER EL SIGUIENTE PROBLEMA. (Si es necesario usa otra hoja, pero escribe tu nombre.)

Eres un ecólogo responsable de un Bosque Mediterráneo en el que han desaparecido todas las especies de ranas. ¿Cómo actuarías? ¿Qué pasos seguirías para resolver este problema?

*ILUSTRACIÓN 42 (2/2). Nueva propuesta de prueba final 2 (P.F.2).*

## ENTREVISTA

### PROBLEMAS:

1. ¿Te parecen útiles para aprender los problemas realizados y la forma de resolverlos?.....¿Por qué?.....
2. ¿Qué diferencias encuentras con la forma de resolver otros problemas como los de matemáticas?.....
3. ¿Cuál de las dos formas te resulta más difícil?.....¿Por qué?.....
4. ¿Cuál de las dos formas te parece más útil e interesante para aprender?.....¿Por qué?.....
5. ¿Con cuál crees que aprendes más?.....¿Por qué?.....

### TRABAJO EN GRUPO:

1. ¿Has estado a gusto trabajando en grupo para resolver los problemas?.....¿Por qué?.....
2. ¿Prefieres trabajar en grupo o no?.....¿Por qué?.....
3. ¿Tus opiniones e ideas eran escuchadas y consideradas en serio por el resto del grupo o no las daban importancia?.....¿Escuchabas tú y considerabas por igual todas las opiniones e ideas de tus compañeros?.....
4. ¿Te encerrabas en tus propias ideas y opiniones o estabas abierto/a a nuevas ideas?.....
5. ¿Has trabajado en todos los problemas por igual?..... ¿En cuál más?.....

### PLANTILLA:

1. ¿Me puedes explicar con tus palabras qué es una "Hipótesis"?.....
2. ¿Se entiende bien cada paso de la nueva plantilla?.....¿Mejor que la plantilla anterior?.....
3. ¿Qué punto de la nueva plantilla te parece el más fácil?.....¿Por qué?.....
4. ¿Qué punto de la nueva plantilla te parece el más difícil?.....¿Por qué?.....
5. En general, ¿te resulta útil la plantilla para resolver los problemas?..... ¿Incluso los problemas de Física, Química o Matemáticas?.....

### ECOLOGÍA:

1. En el último problema ha aparecido el concepto de "Ecosistema". ¿A qué te recuerda?.....
2. ¿Cómo vimos todo el tema de "Ecología"?.....¿Me puse yo a explicar todo el tema seguido con el libro y pizarra?.....¿Te gustó?.....
3. ¿Crees que aprendiste bien los conceptos de Ecología por medio de los problemas, o no mucho?..... ¿Por qué?.....
4. ¿Recuerdas lo que es una "Cadena Trófica o Alimentaria"?.....¿Qué eslabones la componían?..... ¿Y qué es una Red Trófica o Alimentaria?.....
5. ¿Cómo aprendiste estos conceptos?.....¿En el libro, con los problemas, con mis explicaciones?..... ¿Había algún problema relacionado? ..... ¿Cuál y de qué trataba?.....

### REPETIDORES:

1. ¿Qué te ha parecido esto de los problemas respecto a las Ciencias Naturales del año pasado?.....
2. ¿Prefieres que haya estos problemas o no?.....
3. ¿Prefieres que se resuelvan en grupo o también alguno individual?.....

**ILUSTRACIÓN 43.** Propuesta de entrevista individual sobre aspectos de la MRPI.



Alumnos/as: .....					Curso: .....				
<b>Problema:</b>	0	No cumple las instrucciones del apartado.							
	1	Cumple algo las instrucciones del apartado.							
	2	Casi cumple totalmente las instrucciones del apartado.							
	3	Cumple totalmente las instrucciones del apartado.							

<b>PRESENTACIÓN: ( 1 punto )</b>	0	1	2	3	Nota
• Cumple la fecha de entrega (Restará 2 puntos por cada día tarde).					
• Cumple el formato exigido (digital o papel), con portada e índice adecuados (números de páginas), ordenado, redacción correcta, etc.					

<b>CONTENIDOS: ( 9 puntos )</b>	0	1	2	3	Nota
<b>1. Análisis inicial adecuado del problema general: (3 puntos)</b> -Representación adecuada del problema (conceptos científicos). -Reformulación adecuada (problema concreto a investigar). -Restricción adecuada (variables a investigar, las que no, etc.).					
<b>2. Hipótesis adecuadas (bien enunciadas y redactadas). (1 punto)</b>					
<b>3. Diseño lógico de la investigación para la hipótesis a investigar (con una secuencia adecuada y lógica). (1 punto)</b>					
<b>4. Investigación adecuada y resultados lógicos (encontrados en la bibliografía u obtenidos con experimentos y cálculos). (2 puntos)</b>					
<b>5. Conclusiones adecuadas (basadas en los resultados). (1 punto)</b>					
<b>6. Bibliografía y webgrafía (de fotos e información). (1 punto)</b>					
<b>NOTA FINAL:</b>					

***ILUSTRACIÓN 44.** Propuesta de rúbrica escolar para la evaluación de situaciones problemáticas.*

**RESUMEN DE LA TESIS**  
**(CASTELLANO)**





**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE EDUCACIÓN – CENTRO DE**  
**FORMACIÓN DEL PROFESORADO**  
**Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales**

**DESARROLLO DE**  
**UNA PROPUESTA DIDÁCTICA**  
**SOBRE CONTENIDOS DE**  
**ECOLOGÍA EN 2º DE ESO**  
**A PARTIR DE SITUACIONES**  
**PROBLEMÁTICAS ABIERTAS**

**Memoria presentada por**  
**DAVID ROSA NOVALBOS**  
**para optar al grado de Doctor**

**Dirigida por la Doctora**  
**M<sup>a</sup> MERCEDES MARTÍNEZ AZNAR**  
**Profesora del Departamento de Didáctica de las Ciencias**  
**Experimentales de la Universidad Complutense de Madrid**

**Madrid, 2015**



## 1. MARCO TEÓRICO

En los últimos años se ha puesto de manifiesto la falta de interés de los alumnos europeos por las ciencias y, en concreto en España, se han obtenido resultados muy bajos en la resolución de problemas y en la competencia científica. La investigación realizada sugiere cambios hacia metodologías indagativas o inductivos que han resultado ser efectivos para construir aprendizaje significativo en los alumnos y generar actitudes positivas hacia la ciencia (Abd-El-Khalick et al, 2004; Rocard et al, 2007). Entre estos métodos, algunos autores han argumentado que la educación basada en problemas puede ser particularmente útil para el aprendizaje efectivo y permanente de los alumnos (Pease & Kuhn, 2011). Hay varias formas de poner en práctica el aprendizaje basado en problemas en el aula, este trabajo implementa una de ellas que está basada en la Metodología de Resolución de Problemas por Investigación (MRPI) de Gil & Martínez-Torregrosa (1983) que pone el énfasis en la resolución de problemas, tanto de lápiz y papel como de tipo experimental. Consiste en cinco fases o procedimientos metodológicos que se corresponden con las cinco dimensiones de la competencia científica o dimensiones competenciales (DC1: Análisis cualitativo del problema; DC2: Emisión de hipótesis; DC3: Diseño de la estrategia de resolución; DC4: Resolución; DC5: Análisis de los resultados).

Esta metodología incluye la naturaleza cíclica del proceso de resolución de problemas, en la que la revisión de los enfoques anteriores y la construcción de los conocimientos nuevos generan la base para la formulación de nuevos desafíos y problemas. Como método de enseñanza, la MRPI considera el aprendizaje como construcción del conocimiento teniendo en cuenta los conocimientos previos de los alumnos y sus concepciones alternativas. El trabajo en el aula se lleva a cabo en pequeños grupos cooperativos que fomentan el aprendizaje significativo por medio de materiales contextualizados que aumentan la motivación y autoconfianza, que proporcionan destrezas de razonamiento críticas y que mejoran la actitud hacia la ciencia. Varios estudios y tesis han dado validez a este método de enseñanza (Varela, 1994; Ibáñez, 2003; Ibáñez & Martínez Aznar, 2005; Pavón Martínez & Martínez Aznar, 2014).

## 2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y MUESTRAS

Esta investigación tiene el objetivo de aplicar esta metodología en el nivel de educación secundaria en el campo de la ecología. La investigación que se propone es cuantitativa y cualitativa, de diseño cuasi-experimental que se centra en el estudio de grupos ya existentes más que en su elección al azar, por consiguiente el control de las variables es parcial. La metodología de la investigación se encuentra dentro del paradigma de investigación-acción en la que el profesor tiene el doble papel de profesor e investigador. El trabajo de aula se realiza con un grupo de 28 alumnos de clase media de entre 13-14 años de 2º curso de educación secundaria obligatoria (ESO) de un instituto público de la Comunidad de Madrid. El aprendizaje se analiza a través de su comparación en un grupo experimental (GEXP) que trabaja con la MRPI, con el de un grupo control (GCON) que sigue una metodología deductiva tradicional. La variable independiente es la utilización o ausencia de la MRPI.

### 3. FINALIDAD E INTERROGANTES

La finalidad de esta investigación es demostrar que a través de la resolución de situaciones problemáticas de ecología, mediante la Metodología de Resolución de Problemas por Investigación (MRPI), los alumnos construyen aprendizajes conceptuales estadísticamente significativos mejores que los alcanzados por alumnos que siguen una metodología de enseñanza más tradicional, así como destrezas en las diferentes dimensiones competenciales de la MRPI y una valoración positiva hacia la propia metodología de resolución de problemas. Para conseguir este objetivo, surgen seis interrogantes de los que se derivan cuatro hipótesis:

- Primer interrogante: **“¿Serán homogéneos el GEXP y el GCON en relación a sus conocimientos iniciales sobre ecología antes del proceso de enseñanza-aprendizaje?”** Para dar respuesta a esta pregunta se contrasta la hipótesis ( $H_0$ ): “Los alumnos de los GEXP y GCON tienen conocimientos iniciales semejantes sobre ecología con anterioridad a su tratamiento en 2º de ESO.”
- Segundo interrogante: **“¿Aprenderán los estudiantes del GEXP los procedimientos de la MRPI, trabajados en la resolución de situaciones problemáticas, permitiéndoles alcanzar niveles altos de resolución en cada una de las dimensiones competenciales de la competencia científica?”**
- Tercer interrogante: **“¿Habrá diferencias en la resolución de los problemas habituales de ecología a nivel de 2º ESO entre el GEXP y el GCON que han seguido metodologías diferentes?”** Para dar respuesta a esta pregunta se contrasta la hipótesis ( $H_1$ ): “Existen diferencias estadísticamente significativas en la resolución de problemas habituales de ecología a favor del GEXP que ha trabajado con la MRPI respecto al GCON que lo ha hecho con una metodología tradicional.”
- Cuarto interrogante: **“¿Se producirá un cambio conceptual sobre los conocimientos de ecología a favor del GEXP que ha trabajado con la MRPI frente al GCON que ha trabajado con una metodología más tradicional?”** Para dar respuesta a esta pregunta se contrasta la hipótesis ( $H_2$ ): “Al final del proceso de enseñanza-aprendizaje se producirá un cambio conceptual estadísticamente significativo, en relación a los conocimientos sobre ecología, a favor del GEXP que ha trabajado con la MRPI respecto al GCON que ha trabajado con una metodología tradicional.” Esta hipótesis se subdivide en tres subhipótesis:
  - Hipótesis ( $H_{2.1}$ ): “Los estudiantes del GEXP experimentarán un cambio conceptual estadísticamente significativo en relación a los conocimientos sobre ecología como consecuencia del trabajo continuado con la MRPI.”
  - Hipótesis ( $H_{2.2}$ ): “Existen diferencias estadísticamente significativas en el aprendizaje de los conceptos sobre ecología a favor del GEXP respecto al GCON.”
  - Hipótesis ( $H_{2.3}$ ): “El cambio conceptual producido en el GEXP por el aprendizaje con la MRPI persistirá en el tiempo sin sufrir un retroceso estadísticamente significativo respecto al GCON.”

- Quinto interrogante: “¿Estarán satisfechos los alumnos del GEXP con el aprendizaje realizado a través de la MRPI?”
- Sexto interrogante: “¿La satisfacción de los alumnos del GEXP con el aprendizaje realizado a través de la MRPI podría estar condicionada por sus resultados académicos?” Para dar respuesta a esta pregunta se contrasta la hipótesis (H<sub>3</sub>): “Los alumnos del GEXP que manifiestan satisfacción favorable hacia la metodología de trabajo no están condicionados por sus buenos resultados en el aprendizaje de contenidos conceptuales sobre ecología.”

#### 4. RECOGIDA DE DATOS, INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Para estudiar el posible cambio conceptual, de procedimientos y de actitudes provocado por la MRPI, se diseñan y analizan pruebas previas y posteriores a la utilización de la metodología que incluyen pruebas con cuestiones de opción múltiple y pregunta abiertas que se pueden evaluar cuantitativamente y permitir el estudio cualitativo de las respuestas de los alumnos y de las situaciones problemáticas llevadas a cabo en el aula.

Para analizar los datos se realizan diferentes pruebas cualitativas y cuantitativas dependiendo de la naturaleza de dichos datos de los grupos que se comparan y de la información que se requiere para el estudio. La Tabla 1 muestra las relaciones entre los interrogantes e hipótesis derivadas, lo que se pretende comprobar, los instrumentos para la investigación, los grupos estudiados y los métodos empleados para su análisis.

Interrogantes e Hipótesis		Comprobación	Instrumentos	Grupos	Análisis
Primero - H <sub>0</sub>		Homogeneidad	Prueba Inicial (P.I.)	GEXP GCON	U de Mann-Whitney Descriptivo
Segundo		Cambio de capacidades	Situaciones problemáticas de MRPI	GEXP	Descriptivo
Tercero - H <sub>1</sub>		Cambio de capacidades	Problema en Prueba Final 1 (P.F.1)	GEXP GCON	U de Mann-Whitney Descriptivo
Cuarto H <sub>2</sub>	H <sub>2.1</sub>	Cambio conceptual	P.I. y P.F.1	GEXP	Wilcoxon Descriptivo
	H <sub>2.2</sub>	Cambio conceptual	P.F.1	GEXP GCON	U de Mann-Whitney Descriptivo
	H <sub>2.3</sub>	Persistencia en el tiempo	P.F.1 y Prueba Final 2 (P.F.2)	GEXP GCON	Wilcoxon Descriptivo
Quinto - H <sub>3</sub>		Actitud hacia la MRPI	Cuestionario MRPI	GEXP	Descriptivo
Sexto					U de Mann-Whitney

**TABLA 1.** Relación entre interrogantes, hipótesis, comprobación a realizar, instrumentos empleados, grupos afectados y análisis realizados.



## 5. METODOLOGÍA DE AULA Y UNIDAD DIDÁCTICA

Debido a la ausencia de materiales adecuados, es necesario diseñar la Unidad Didáctica (UD) “Materia y Energía en los Ecosistemas” basada en la resolución de situaciones problemáticas contextualizadas que permiten trabajar estos contenidos para su aprendizaje por los alumnos a la vez proporcionan destrezas y actitudes de la competencia científica. Los alumnos las resuelven siguiendo una plantilla que les orienta en las cinco fases de resolución de la MRPI que son similares a las utilizadas en otras investigaciones (Martínez Aznar & Bárcena, 2013). Después de la reflexión y el trabajo individual se crean grupos cooperativos de 3-5 alumnos y cada grupo debe alcanzar soluciones por consenso para compartirlas con el resto de la clase. De esta manera las diferentes contribuciones de cada grupo mejoran el aprendizaje tanto individual como colectivo. A lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje el profesor investigador es responsable de la supervisión de cada alumno individual, de los pequeños grupos y de la clase en general. El papel principal del profesor es el de guía en la discusión de ideas para facilitar el aprendizaje de los conceptos trabajados, así como de la propia MRPI, orientando y sugiriendo ideas cuando surgen las dudas en los alumnos. La coordinación establecida con la profesora del GCON permite la sincronización y las comparaciones entre GEXP y GCON.

## 6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El conjunto de conclusiones extraídas de este estudio se presentan siguiendo el mismo orden de los interrogantes planteados.

**Primer interrogante:** Las muestras de alumnos de los GEXP y GCON son estadísticamente significativas en cuanto a los conocimientos sobre los conceptos previos de ecología (respiración, suelo y descomponedores, ecología, ecosistema, medio ambiente y cadenas tróficas) antes de iniciar todo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

**Segundo interrogante:** Los alumnos evolucionan de forma creciente en su aprendizaje de procedimientos, alcanzando niveles medios de resolución altos en todas las dimensiones competenciales. Los niveles de competencia más elevados se obtienen en el análisis cualitativo de los problemas (DC1) seguido de la formulación de hipótesis (DC2), aunque con altibajos dependientes de la situación problemática y luego, con niveles similares, el diseño de estrategias de resolución (DC3), la resolución del problema (DC4) y el análisis de resultados (DC5). Las dimensiones competenciales que más evolucionan con la práctica de la MRPI a lo largo de la secuencia de problemas son la DC5, de forma muy marcada, y la DC4. Por tanto, se puede considerar que la UD “Materia y Energía en los Ecosistemas”, implementada mediante la MRPI, es un buen recurso para orientar el aprendizaje de procedimientos para alumnos de 2º de ESO.

**Tercer interrogante:** La MRPI con la que trabajan los alumnos del GEXP, al favorecer su aprendizaje de las dimensiones de la competencia científica, les permite afrontar los problemas habituales de ecología de una forma más metódica y completa. Por el contrario, una enseñanza centrada en el aprendizaje de conceptos, más propia de metodologías de corte tradicional como las utilizadas en el GCON, no parece que logren promover un desarrollo similar de la competencia científica.

**Cuarto interrogante:** Los alumnos del GEXP han realizado un cambio conceptual en relación a los conocimientos sobre ecología mediante su metodología de trabajo con la MRPI, al igual que los alumnos del GCON con una metodología más tradicional, pero la persistencia en el tiempo de este cambio conceptual es mayor en el GEXP que en GCON.

**Quinto interrogante:** Los alumnos manifiestan un alto grado de satisfacción en relación a las características y uso de la MRPI, mostrando autoconfianza en los procesos de resolución de problemas, pero tienen dudas respecto a la transferencia de la MRPI para resolver problemas en otras asignaturas y en la vida cotidiana.

**Sexto interrogante:** No se ha encontrado relación estadísticamente significativa entre el grado de satisfacción del GEXP con la MRPI y la obtención de resultados más o menos positivos en sus aprendizajes sobre ecología, es decir, los alumnos no están condicionados por sus resultados en el aprendizaje de conceptos para valorar positivamente las virtudes y potencialidades de la MRPI como una metodología de utilidad para su proceso de enseñanza-aprendizaje.

La UD “Materia y Energía en los Ecosistemas”, centrada en la resolución de un conjunto de situaciones problemáticas abiertas, se considera apropiada al nivel de 2º de ESO y útil para abordar sus contenidos conceptuales de ecología.

La Metodología de Resolución de Problemas por Investigación (MRPI) se reafirma como una metodología de gran potencial para favorecer en los estudiantes un aprendizaje flexible, eficaz y autónomo a la vez que contribuye al desarrollo de la competencia científica fomentando las habilidades propias del trabajo científico.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Abd-El-khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: international perspectives. *Science Education*, 88, 397-419

Gil, D. & Martínez-Torregrosa, J. (1983). A model for problem-solving with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4), 447-455.

Ibáñez, M<sup>a</sup>.T. (2003). *Aplicación de una metodología de resolución de problemas como una investigación para el desarrollo de un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en el currículo de Biología de Educación Secundaria*. Tesis Doctoral. Universidad complutense. Madrid.

Ibáñez, M<sup>a</sup>.T & Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (2005). Solving problems in genetics (II): Conceptual change. *International Journal of Science Education*, 27(12), 1495-1519.

Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. & Bárcena Martín, A I. (2013). Una actividad de indagación en un aula de diversificación: ¿Es beneficioso masticar bien para realizar una buena digestión? *Educació Química*, 14, 19-28.

Pavón Martínez, F. & Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (2014). La metodología de resolución de problemas como investigación (MRPI): una propuesta indagativa para desarrollar la competencia científica en alumnos que cursan un programa de diversificación. *Enseñanza de las ciencias*, 32 (3), 469-492.

Pease, M.A. & Kuhn, D. (2011). Experimental analysis of the effective components of Problem-Based Learning. *Science Education*, 95, 57–86.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Heriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Informe Rocard. Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Comission.

Varela, M<sup>a</sup>.P. (1994). *La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos*. PhD Thesis Madrid: Universidad Complutense.

**RESUMEN DE LA TESIS**  
**(INGLÉS)**





**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE EDUCACIÓN – CENTRO DE**  
**FORMACIÓN DEL PROFESORADO**  
**Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales**

**SYLLABUS DESIGN OF**  
**ECOLOGY IN THE 2ND LEVEL**  
**OF CSE, TAKING PROBLEM-**  
**SOLVING AS A STARTING**  
**POINT**

**A PhD Thesis written by**

**DAVID ROSA NOVALBOS**

**and supervised by**

**M<sup>a</sup> MERCEDES MARTÍNEZ AZNAR**

**Doctora en el Departamento de Didáctica de las Ciencias**  
**Experimentales de la Universidad Complutense de Madrid**

**Madrid, 2015**



## **1. THEORETICAL FRAMEWORK**

In the recent past, it has been reported a lack of interest of European students towards science and, in Spain to be precise, poor results in problem solving and science competence have been shown. Over the last years, there has been a great deal of research suggesting methodological changes, in particular the so-called inductive or inquiry methods, which have turned out to be effective not only in producing significant learning in students, but also in generating positive attitudes towards science (Abd-El-Khalick et al, 2004; Rocard et al, 2007). Among these methods, some authors have argued that Problem-Based Education may be particularly useful to produce effective and permanent learning among students (Pease & Kuhn, 2011). There are multiple ways to implement problem-based education in the classroom. This project deals with one of them, which, in turn, is based on Gil and Martinez Torregrosa's (1983) Problem Solving Methodology as an Investigation (PSMI), which emphasizes the resolution of problems through both paper-and-pencil and experimental methods. It consists of five phases or methodological procedures that correspond to the five dimensions of scientific practice (CD1: Qualitative analysis of the problem; CD2: Emission of hypotheses, CD3: Design of a resolution strategy, CD4: Resolution, CD5: Analysis of results).

This methodology includes the cyclical nature of the problem-solving process, where the review of previous approaches and the construction of new knowledge form the basis for the formulation of new problems and challenges. As a teaching method, PSMI considers learning as the construction of knowledge, carefully taking students' prior knowledge and their alternative conceptions into account. Classroom work is carried out in small cooperative groups that promote meaningful learning, using contextualized materials that enhance motivation and self-confidence, promote critical thinking skills, and improve attitudes towards science. Several studies and dissertations have validated this model (Varela, 1994; Ibáñez, 2003; Ibáñez & Martínez Aznar, 2005; Pavón Martínez & Martínez Aznar, 2014).

## **2. RESEARCH DESIGN AND SAMPLES**

This project aims to apply this methodology to secondary education level in the discipline of ecology. The proposed research is half quantitative and half qualitative, using a quasi-experimental design that studies pre-existing, rather than randomly selected groups. Accordingly, the control of variables is partial. The research methodology is situated within the action-research paradigm, where the teacher plays the dual role of teacher-researcher. To enable broader conclusions to be drawn, the classroom work is done with a middle working group of 28 students of around 13-14 years who are in the 2<sup>nd</sup> of CSE. Learning is studied by comparing an experimental group (EXPG), working with the PSMI, to a control group (CONG), following a traditional deductive methodology. The independent variable is the use of PSMI.

## **3. PURPOSE AND RESEARCH QUESTIONS**

The purpose of this research is to demonstrate that students who use Problem-Solving Methodology as an Investigation (PSMI) in ecology achieve statistically-significant better results in knowledge, competence dimensions skills and a positive



attitude towards the methodology itself than students who follow a more traditional classroom methodology. To achieve this goal, six research questions are proposed, which pose 4 hypotheses:

- First research question: **“Will the EXPG and CONG be homogeneous in connection with their prior knowledge on ecology before the teaching-learning process?”**

To give answer to this question, the hypothesis ( $H_0$ ) has to be contrasted: “EXPG and CONG students have similar previous knowledge on ecology before studying them in the 2<sup>nd</sup> level of CSE.”

- Second research question: **“Will the EXPG students learn the procedures of PSMI studied during the problematic situations, enabling them to reach high levels of solving in each of the dimensions of the science competence?”**

- Third research question: **“Will be there differences when solving daily problems of ecology in the second level of CSE between the EXPG and the CONG as they have followed different approaches?”** To give answer to this question, the hypothesis ( $H_1$ ) has to be contrasted: “Statistically- significant differences to solve daily problems of ecology exist, favouring the EXPG who have been working with PSMI in comparison to the CONG who have followed a traditional approach.”

- Fourth research question: **“Will a conceptual change of ecology knowledge be produced favouring the EXPG who have been working with PSMI in comparison to the CONG who have followed a traditional approach?”**

To give answer to this question the hypothesis ( $H_2$ ) has to be contrasted: “At the end of the teaching-learning process a statistically- significant conceptual change of the ecology knowledge will be produced, favouring the EXPG who have been working with PSMI in comparison to the CONG who have followed a traditional approach.” This hypothesis is divided into 3 sub-hypothesis:

- Hypothesis ( $H_{2.1}$ ): “GEXP will suffer a statistically- significant conceptual change of the ecology knowledge due to the continuous work with PSMI.”
- Hypothesis ( $H_{2.2}$ ): “Statistically-significant differences in the learning of ecology concepts exist, favouring EXPG in comparison to CONG ”
- Hypothesis ( $H_{2.3}$ ): “The conceptual change of the EXPG due to the influence of the PSMI will last with no statistically- significant backward movement in comparison to the CONG.”

- Fifth research question: **“Will the EXPG be satisfied with the learning through PSMI?”**

- Sixth research question: **“Will the level of satisfaction of EXPG towards learning through PSMI be conditional on their performance?”** To give answer to this question, the hypothesis ( $H_3$ ): “EXPG who experience positive level of satisfaction towards group work aren’t on conditional on their good performance in the learning of conceptual contents of ecology.”

## 4. DATA GATHERING, TOOLS AND ANALYSIS TECHNIQUES

To study possible conceptual, procedural and attitudinal changes due to the introduction of the PSMI methodology, pre-test and post- tests are designed and analyzed. These include a multiple-choice test that could be evaluated quantitatively as well as one test with open-ended questions that permits a qualitative study of students' responses, along with the problematic situations undertaken in the classroom.

To analyze the data, different qualitative and quantitative techniques have been used depending on the nature of the data, the groups being compared and the information required for the study. Table 1 presents the relationships between the research questions and the obtained hypothesis, verification, the research tools, the groups and the methods used in their analysis.

Research questions and Hypothesis		Verification	Tools	Groups	Analysis
First - $H_0$		Homogeneity	Diagnosis test (D.T.)	EXPG CONG	U de Mann-Whitney Descriptive
Second		Change of skills	PSMI Problem situations	EXPG	Descriptive
Third - $H_1$		Change of skills	Final Test problem.1	EXPG CONG	U de Mann-Whitney Descriptive
Fourth $H_2$	$H_{2.1}$	Conceptual Change	D.T. & F. T.1	EXPG	Wilcoxon Descriptive
	$H_{2.2}$	Conceptual Change	F.T.1	EXPG CONG	U de Mann-Whitney Descriptive
	$H_{2.3}$	Persistence in time	D.T. & F. T.2	EXPG CONG	Wilcoxon Descriptive
Fifth - $H_3$		Attitude towards	PSMI	EXPG	Descriptive
Sixth		PSMI	questionnaire		U de Mann-Whitney

**TABLA 1.** Relationship between the research questions and the obtained hypothesis, verification, the research tools, the groups and the methods used in their analysis.

## 5. CLASSROOM METHODOLOGY AND THE DIDACTIC UNIT

In the absence of suitable materials, it is necessary to design the Didactic Unit: "Matter and energy in the ecosystems", based on the resolution of contextualized open-ended problems, which allows working on this content, while also promoting learning skills and attitudes of the science competence. Students solve the problematic situations following a template that orientates them to PSMI's five phases of resolution, similarly to those used in other investigations (Martínez Aznar & Bárcena, 2013). After individual reflection and work, students make cooperative groups of 3-5 people. Within the group, they come to a solution agreed by consensus that will be shared with the rest of the class. Thus, the different contributions of each group improve both individual and collective learning. Throughout the process of teaching and learning, the teacher-researcher is responsible for monitoring each individual student, the small groups, and

the class in general. The teacher role is primarily to lead the discussion of ideas and to act as a guide in learning both PSMI and the concepts covered, suggesting different alternatives when doubts arise. Ongoing coordination with the teacher responsible for the control group enables comparison between EXPG and CONG and ensures similar timing.

## 6. RESULTS AND CONCLUSIONS

All the conclusions drawn from this research follow the same order of the research questions.

**First research question:** The samples of both EXPG and CONG are statistically-significant before the teaching-learning process according to the prior knowledge of ecology concepts such as breathing, soil, decomposers, ecology, ecosystem, environment and food chains.

**Second research question:** The students boost their procedure learning, reaching standard levels of solution in all the competence dimensions. The highest level of competence is shown in the qualitative analysis of the problems (CD1) followed by the statement of the hypothesis (CD2), although with ups and downs depending on the problematic situation. Then, with similar levels, the strategies design of the solution (CD3), the solution of the problem (CD4) and the results analysis (CD5). The competence dimensions which increase more with the practice of PMI throughout the sequence of problems are specially CD5, and CD4. Thus, the didactic unit “Matter and energy in the ecosystems”, implemented by PSMI, is a good resource to guide the learning of procedures of the students of second level of CSE.

**Third research question:** PSMI used with EXPG will promote their learning in the science competence, allowing them to face the daily ecology problems in a complete and methodical way. On the contrary, a teaching around the learning of concepts, typical of traditional methodologies as those of CONG, doesn't seem to promote a similar development of the science competence.

**Fourth research question:** EXPG have experienced a similar conceptual change in connection with the ecology knowledge through PSMI to CONG who have followed a more traditional methodology, but the lasting of that conceptual change is longer in the case of the EXPG than in the case of CONG.

**Fifth research question:** The students show a high level of satisfaction towards the use and features of PSMI, feeling confident when solving problems, although they have doubts about the transfer of PSMI to another subject and even to daily life.

**Sixth research question:** No statistically-significant relation has been made between the level of satisfaction of EXPG towards PSMI and the more or less positive results in their learning of ecology concepts, that is, the students are not conditional on their concept learning to assess positively the reliability and efficacy of PSMI as a useful methodology in the teaching-learning process.

The didactic unit “Matter and energy in the ecosystems” centered on the solution of a set of open-ended problems, is both appropriate for students of the second level of CSE and useful to tackle their conceptual concepts of ecology.

Problem-Solving Methodology as Investigation (PSMI) reasserts as a powerful methodology to promote a flexible learning on students. It is also an effective and autonomous tool to foster the science competence, enabling the skills needed in any scientific work.

## 7. REFERENCES

Abd-El-khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: international perspectives. *Science Education*, 88, 397-419

Gil, D. & Martínez-Torregrosa, J. (1983). A model for problem-solving with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4), 447-455.

Ibáñez, M<sup>a</sup>.T. (2003). *Aplicación de una metodología de resolución de problemas como una investigación para el desarrollo de un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en el currículo de Biología de Educación Secundaria*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense. Madrid.

Ibáñez, M<sup>a</sup>.T & Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (2005). Solving problems in genetics (II): Conceptual change. *International Journal of Science Education*, 27(12), 1495-1519.

Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. & Bárcena Martín, A.I. (2013). Una actividad de indagación en un aula de diversificación: ¿Es beneficioso masticar bien para realizar una buena digestion? *Educació Química*, 14, 19-28.

Pavón Martínez, F. & Martínez Aznar, M<sup>a</sup>.M. (2014). La metodología de resolución de problemas como investigación (MRPI): una propuesta indagativa para desarrollar la competencia científica en alumnos que cursan un programa de diversificación. *Enseñanza de las ciencias*, 32 (3), 469-492.

Pease, M.A. & Kuhn, D. (2011). Experimental analysis of the effective components of Problem-Based Learning. *Science Education*, 95, 57–86.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Heriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Informe Rocard. Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Comission.

Varela, M<sup>a</sup>.P. (1994). *La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos*. PhD Thesis Madrid: Universidad Complutense.